

**DINÁMICA DE LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DEL CULTIVO DE ARROZ
(*Oryza sativa*) VARIEDAD FEDEARROZ 2000 EN PIVIJAY - MAGDALENA**

**ADALBERTO ENRIQUE MENDEZ SIERRA
XAVIER ALEXANDER SOTO DE LA HOZ**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SANTA MARTA D.T.C.H
2017**

**DINÁMICA DE LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DEL CULTIVO DE ARROZ
(*Oryza sativa*) VARIEDAD FEDEARROZ 2000 EN PIVIJAY - MAGDALENA**

**ADALBERTO ENRIQUE MENDEZ SIERRA
XAVIER ALEXANDER SOTO DE LA HOZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo**

Asesor: M.Sc. Milciades Naim Pizarro

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SANTA MARTA D.T.C.H
2017**

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Santa Marta D.T.C.H (fecha de entrega)

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto de grado a DIOS por darnos sabiduría y fuerza, por guiarnos en el camino correcto y alcanzar esta meta.

A nuestros padres por darnos la vida, por ser apoyo constante y permitirnos formarnos como profesional, de igual forma a todas las personas que aportaron positivamente en nuestras vidas para realizar este sueño.

Adalberto y Xavier

Agradecimiento

Agradezco principal y espiritualmente a DIOS y a la VIRGEN DEL CARMEN, a mis padres Adalberto Méndez y Francisca Sierra por darme la vida y ser los pilares de mis sueños.

A mi esposa Lina Tovar y mi hijo Samuel Méndez por ser el motor que me impulsa a seguir adelante, a mis tíos Drayson, Dubis y Jorge Luis Méndez González por su apoyo incondicional, a mis hermanos, familiares y amigos que me ayudaron en este proyecto.

A mi abuela Amarilis Sierra Loaiza por su crianza y quien hizo de mí una persona de bien formado en valores.

A los Ing. Milciades Pizarro, Ing. Carlos Mejía, al Ing. y compañero de tesis Xavier Soto, a nuestra Alma Mater la Universidad Del Magdalena y su excelente cuerpo de docentes del programa de Ing. Agronómica gracias.

Adalberto Enrique Méndez Sierra

Agradecimiento

Agradezco principalmente a DIOS, a mis padres Wilson Soto y Altamira De La Hoz por darme la vida y guiarme por el camino correcto, a mi hermano Hamilton Soto por ser apoyo constante a lo largo de toda mi formación y a mis demás hermanos, a Odeth Miranda por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso y personas que colaboraron para que este proyecto se llevara a cabo como el Ing. Milciades Pizarro, Ing. Carlos Mejía, Ing. Humberto Ortiz, al Ing. y compañero de tesis Adalberto Méndez, a la Universidad del Magdalena por abrirme sus puertas y al programa de Ing. Agronómica y todo su cuerpo docentes a todos ellos muchas gracias.

Xavier Alexander Soto De La Hoz

Contenido

	Pág.
1. Introducción	16
2. Planteamiento Del Problema	18
3. Marco Teórico Conceptual	21
3.1 Arroz (Oryza Sativa)	22
3.1.1 Ecología del arroz.....	22
3.1.2 Extracción y absorción de nutrientes	24
3.2 De Las Variedades De Arroz	24
3.2.1. Variedad Fedearroz 2000	24
3.2.2. Manejo agronómico para el cultivo de la variedad Fedearroz 2000 25	
3.2.3 Requerimientos nutricionales del arroz.....	25
3.3 Curvas De Absorción.....	28
4. Estado Del Arte	29
5. Objetivos	35
5.1 Objetivo General	35
5.2 Objetivo Específico	35
6. Metodología	36
6.1 Duración	36
6.2 Espacio Geográfico.....	36
6.2.1 Localización del área de estudio.....	36
6.3. Diseño Metodológico	37
6.3.1 Pasos para la elaboración de curva de absorción de nutrientes.....	39
6.3.2 Muestreo de tejido vegetal.....	39
6.3.3 Variables.....	41
6.3.3.1 Estados fenológicos considerados para muestreo	41

6.3.3.2 Campo	41
6.3.3.3 Laboratorio	43
6.3.4. Analisis estadístico	45
7. Resultado Y Discusión.....	46
7.1 absorcion de macronutreientes primarios en las diferentes etapas fenologicas	46
7.1.1 absorcion de nitrogeno	46
7.1.2 absorcion de fosoforo.....	47
7.1.3 absorcion de potasio.....	47
7.2 absorcion de macronutriente secundario	50
7.2.1 absorcion de calcio... ..	50
7.2.2 absorcion de magnesio... ..	51
7.2.3 absorcion de azufre.....	51
7.3 absorcion de micronutrientes en las diferentes etapas fenologicas	53
7.4 programa de fertilizacion.....	59
8. Variables evaluadas.....	60
9. Conclusiones	64
10. Recomendaciones	65
11. Bibliografía	66
12. Anexos	70

Lista De Tablas

	Pág
Tabla 1. Nutrientes absorbidos N, P, K en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz variedad fedearroz 2000	48
Tabla 2. Nutrientes absorbidos Mg, Ca, S en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz variedad fedearroz 2000	52
Tabla 3. Micro nutrientes absorbidos Mn, Cu, Zn, Fe, B, en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz variedad fedearroz 2000	54
Tabla 4. Absorción total de macronutrientes en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.....	56
Tabla 5 Absorción total de micronutrientes en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.....	58
tabla 6. Fertilización porcentual de la variedad fedearroz 2000	60
Tabla 7. Variables evaluadas en laboratorio masa fresca y masa seca en cada una de las etapas fenológicas en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000	61
Tabla 8. Incremento en Ton/ha de materia seca producida por el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000 en cada etapa fenológica	61
Tabla 9. Variables evaluadas en campo	63

Lista De Figuras

Pág.

Figura 1. Ubicacion de la finca Montebello Pivijay-Magdalena	37
Figura 2. Área de Investigación	38
Figura 3 Extraccion de muestra	41
Figura 4 recoleccion de muestra en cada unidad experimental.....	42
Figura 5 Recoleccion de muestras.....	42
figura 6 Procesamiento de muestras... ..	43
figura 7 Procesamiento de muestras masa fresca y masa seca	44
figura 8 Secado de las muestras en horno.....	44

Listas De Gráficas

Pág.

Grafica 1. Dinámica de Absorción de los nutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K)	50
Grafica 2. Dinámica de Absorción de los nutrientes: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).....	53
Grafica 3. Dinámica de Absorción de Micro elementos: Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B).....	55
Grafica 4. Toneladas de materia seca producida por el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000 en cada etapa fenológica del cultivo	62

Listas De Anexos

Pág.

ANEXO A. Ubicación de los lotes arroceros de El Retén y Pivijay 2011 B	70
ANEXO B. Características químicas de los suelos arroceros de El Retén y Pivijay. 2011 B	71
ANEXO C. Área sembrada, cosechada y producción de arroz mecanizado.....	72
ANEXO D. Abonamiento Finca Montebello.....	73
ANEXO E. Análisis de suelo Finca Montebello	74
ANEXO F. Superficie sembrada de arroz mecanizado en Colombia por zonas del 2000 al 2016	75
ANEXO G. Producción de arroz paddy seco en Colombia por zonas.....	76

Glosario

DINÁMICA: puede tratarse de algo vinculado a la fuerza cuando genera algún tipo de movimiento; de la estructura de fuerzas que se orientan hacia una meta; de la intensidad que puede llegar a alcanzar una actividad o acción; o de la rama de la mecánica que se encarga de los principios que regulan el movimiento de acuerdo a las fuerzas que lo generan.

NUTRIENTE: un nutriente es aquello que nutre, es decir, que aumenta la sustancia vegetal. Se trata de productos químicos que proceden del exterior de la célula y que ésta requiere para poder desarrollar sus funciones vitales. Los nutrientes son absorbidos por la célula y transformados a través de un proceso metabólico de biosíntesis (conocido como anabolismo) o mediante degradación, para obtener otras moléculas.

INCREMENTO: el término latino augmentum llegó al castellano como aumento. La expresión alude al incremento, la ampliación o la amplificación de la dinámica de la absorción de nutrientes del cultivo de arroz.

DECREMENTO: decremento significa bajar de nivel, de calidad, que va en contra de merma o menoscabo de la dinámica de la absorción de nutrientes del cultivo de arroz.

FENOLOGÍA: aspecto de la biología que estudia los fenómenos ajustados a cierto ritmo periódico, como la floración, la maduración de los frutos, etc.

Estos cambios estacionales están determinados por los factores físicos del ambiente y por mecanismos de regulación internos de las plantas. Se relacionan con el clima de la localidad en que ocurren y viceversa. De la fenología pueden

sacarse secuencias relativas al clima y sobre todo al microclima, cuando ni uno ni otro se conocen debidamente.

FIJACIÓN DE NITRÓGENO: proceso de conversión del nitrógeno atmosférico en compuestos nitrogenados orgánicos realizado por bacterias nitrificantes del suelo y simbiontes de raíces de las leguminosas y ciertas algas cianofíceas. Gracias a su actividad el suelo se enriquece en nitrógeno.

VARIEDAD: señala a las agrupaciones en que pueden clasificarse distintas especies de plantas. Estas variedades se distinguen por ciertas características que se perpetúan mediante la herencia.

Resumen

En el municipio de Pivijay departamento del Magdalena se estudió la dinámica de absorción de nutrientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) variedad fedearroz 2000.

En un lote comercial de la finca Monte Bello se ubicaron tres unidades experimentales de 300 m², para un total de 900 m² como área total del experimento. Con la ayuda de un recuadro elaborado en tubos de pvc de 1 m² se tomaron muestras por triplicado de las zonas de mayor desarrollo en cada estado fenológico: Inicio de Macollamiento (IM), Pleno Macollamiento (PM), Inicio de Primordio Floral (IPF), Inicio de Floración (IF), y Maduración (M). Las muestras recolectadas fueron procesadas en el laboratorio E.C.N Ltda. con el fin de determinar la absorción de nutrientes por la variedad fedearroz 2000 en cada etapa fenológica. Los resultados permitieron determinar que la mayor absorción de N, P, K, Ca y S se da entre IPF e IF; Las mayores acumulaciones de Mg se dan a partir de IPF hasta la madurez. La mayor absorción de micronutriente se da entre IPF e IF, mientras que la mayor ganancia de materia seca (MS) se da entre PM e IF. El K entre los macronutrientes y el Mn para los micronutrientes fueron los nutrientes con mayor absorción a lo largo de las diferentes etapas fenológicas. Con los resultados obtenidos es posible afinar los planes de fertilización en la zona de estudio.

Palabras Clave: Absorción, Nutrientes, Etapas fenológicas, Variedad. Fedearroz 2000,

1. Introducción

En el presente trabajo se estudió la dinámica de absorción de nutrientes en el cultivo de arroz variedad FEDEARROZ 2000, la dinamica se basó en determinar cuáles son las etapas de absorción de nutrientes en tiempo y dosis puntuales en las diferentes etapas fenológicas Inicio de Macollamiento (IM), Pleno Macollamiento (PM), Inicio de Primordio Floral (IPF), Inicio de Floración (IF), y Maduración (M).

En escenarios en los que hay limitados controles sobre los factores internos como el potencial genético y la edad de la planta y externos como la temperatura, humedad, brillo solar, se adiciona la falta de conocimiento en la dinámica de absorción de nutriente del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) variedad Fedearroz 2000, estos factores afectan directamente la producción. El análisis edáfico acompañado del foliar, son herramientas de diagnóstico que da solidez a un programa de fertilización y se utiliza para confirmar síntomas visuales de deficiencia o toxicidad. Para mejorar los planes de fertilización es necesario conocer el comportamiento de extracción de nutrientes, determinar épocas de mayor absorción durante un ciclo productivo (Barón, 2016).

Dada la importancia de la dinámica de absorción de nutrientes en el cultivo de arroz, esta investigación surge para dar respuestas a las épocas de máximas absorciones y cantidades reales que necesita el cultivo de arroz y así hacer eficientes los planes de fertilización y consecuentemente aumentar los rendimientos; en otras palabras, establecer la dinámica de absorción de nutrientes es de gran importancia para los productores que participan en la planificación y el desarrollo agrícola en la zona de Pivijay Magdalena. Las instituciones de investigación agrícola carecen de recursos, capacidad y conocimiento, estos factores se convierten en un problema debido a que los enfoques recientes del desarrollo agrícola, producción y seguridad alimentaria han fracasado en gran

medida en reducir el número de personas que padecen inseguridad alimentaria o de Sostenibilidad (FAO, 2009).

La curva de absorción de nutrientes es un instrumento necesario para afianzar los programas de fertilización, mejorando la eficiencia en las aplicaciones de fertilizantes, causando menos daño al medio ambiente. Por lo tanto, los alcances en los resultados de la investigación generan impactos ambientales positivos debido a que las aplicaciones de fertilizantes serán más responsables basadas en las necesidades reales del cultivo en cada una de las etapas fenológica IM, PM, IPF, IF M, balanceando la nutrición y causando menos daño a los suelos y los ecosistemas.

El conocimiento de la dinámica de absorción de nutrientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) variedad Fedearroz 2000 en Pivijay Magdalena, brindará a los productores un soporte con bases documentadas al momento de realizar el programa de fertilización con el fin de reconocer las necesidades nutricionales del cultivo en cada una de las etapas fenológicas, por ende las aplicaciones de nutrientes se realizarán en las épocas y dosis puntuales aumentando la producción y rentabilidad del cultivo.

2. Planteamiento Del Problema

El cultivo de Arroz en Colombia es el tercer producto agrícola en extensión, después del café y el maíz, representa el 13% del área cosechada en Colombia y el 30% de los cultivos transitorios. Su producción representa el 6% del valor de la producción agropecuaria y el 10% de la actividad agrícola (Vargas y Aguirre, 2011).

Una de las mayores dificultades en los rendimientos de la producción del cultivo de arroz es la nutrición; la absorción de nutrientes es un fenómeno que ocurre diariamente y cada proceso metabólico de la planta requiere nutrimentos cualitativa y cuantitativamente diferentes, teniendo en cuenta la determinación de la duración y las variaciones en biomasa de cada una de las etapas fenológicas y su relación con los cambios en la concentración de elementos en los diferentes tejidos de la planta, permitirá familiarizarse con los requisitos nutricionales del cultivo. (Vargas y Aguirre, 2011).

En consecuencia, se podrá desarrollar curvas de absorción, que es la manera apropiada para afinar los programas de fertilización a fin de satisfacer los requerimientos nutricionales cualitativa y cuantitativamente a lo largo del desarrollo del cultivo (Vargas y Aguirre, 2011).

Así mismo el FNA (2016) señala que las curvas de absorción de nutrientes además de contribuir en forma cuantitativa a dar solidez a la recomendación de los programas de fertilización, permiten conocer concretamente la cantidad de nutrimento en kg ha^{-1} , que es absorbida por un cultivo para producir cierto nivel de rendimiento en un tiempo definido.

El DANE (2016), señala que las superficies sembradas de arroz mecanizado en Colombia para el 2016 en Zona Costa Norte también denominada Caribe Seco, comprende los departamentos del Cesar, Atlántico, Magdalena, Guajira, Sucre, Córdoba y Bolívar, con de 39.000 ha y una producción de 111.687 t/año de arroz.

Por otra parte, los cultivadores de arroz no tienen una herramienta que les suministre el suficiente seguimiento y monitoreo para fortalecer los programas de fertilización, lo cual es objetivo de esta investigación en lo que se suministra una herramienta con la que podrán ajustar los programas de fertilización y épocas puntuales de aplicación y ser más eficientes en las aplicaciones de nutriente, lo cual permite tener mejores producciones, menor costo. Las aplicaciones de nutrientes en etapas fenológicas donde la planta no lo requiere o la absorción por parte de la planta en bajas cantidades se convierte en un problema que se genera a partir del desconocimiento por parte de los productores. En tanto, las aplicaciones de nutrientes no se hacen en las épocas de máximas absorción aumentando con esto las pérdidas de producto por lixiviación, escorrentía y evaporación.

Igualmente, la dosificación en ocasiones no es la correcta y se genera desbalance nutricional y en casos particulares intoxicación de la plantación. Es importante crear conciencia en los productores de arroz de la zona de Pivijay departamento del Magdalena para que se realicen planes nutricionales más eficientes que disminuyan costos de producción y aumenten los rendimientos del cultivo, así como también brindarles información confiable con bases documentadas de la importancia de conocer la dinámica de la absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) de la variedad Fedearroz 2000.

Se obtendrá la dinámica en la absorción de nutriente para la variedad de arroz fedearroz 2000 en el municipio de Pivijay departamento del Magdalena teniendo producciones limpias y amigables con el medio ambiente. Con esta investigación se desea resolver el siguiente interrogante.

¿Es posible obtener los requerimientos y las etapas fenológicas de máxima absorción de nutrientes de la variedad de arroz (Fedearroz 2000) y efectuar un plan de fertilización con base a las curvas de absorción?

3. Marco Teórico Conceptual

3.1 Arroz (*Oryza Sativa*)

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (Infoagro, 2016).

Según Acevedo *et al.*, (2006) el arroz es perteneciente a la familia Poacea en esta familia se encuentran diferentes especies cultivables como: *O. sativa spontánea*, *O. rufipogon*, *O. officinalis*, pertenecientes a los complejos *O. sativa* siendo la *O. sativa* la de mayor importancia económica ya que se cultiva en climas tropicales subtropicales y templados, La principal consecuencia de la domesticación en *O. sativa* es la reducción del desgrane, que favorece la cosecha mecanizada.

La especie *O. sativa* presenta tallos redondeados huecos con nudos y entrenudos, las hojas son en forma de lámina y están unidas al tallo por medio de una vaina que tiene macollamiento en forma de candelabro. En el punto donde se unen la vaina y la hoja del arroz está el cuello en el cual aparecen dos estructuras bien diferenciadas, la lígula de forma alargada la cual presenta un color blanquecino y dos aurículas ubicadas a cada extremo tienen forma de haz de apariencia velluda que rodean el tallo (CIAT, 2005).

En cuanto a los factores del suelo se refiere, tiene gran importancia la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo en cada una de las etapas de desarrollo.

La disponibilidad de nutriente está dada por el contenido y la dinámica en absorción de los mismos y las interacciones que se pueden presentar entre estos (antagonismos y sinergismos), tanto en la fase sólida como en la solución del suelo, medio de donde las raíces de las plantas los toman para su crecimiento. Entre los elementos esenciales para la planta está el nitrógeno (N) el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el potasio (K), cationes que se encuentran adheridos a las cargas negativas de los coloides órgano–minerales del suelo y a los que conocen como bases intercambiables.

Estos elementos de acuerdo con su demanda por los cultivos son considerados macronutrientes o elementos mayores (Havlin *et al.*, 1999; Mengel y Kirkby, 2000; Navarro y Navarro, 2003), siendo más alto el requerimiento del K, razón por la cual algunos autores lo clasifican como “primario”, y a los otros como “secundarios” (Guerrero, 2001, Estrada, 1990). Los requerimientos de estos nutrientes varían de acuerdo a la especie, la etapa de crecimiento y la producción, dentro de ciertas condiciones medioambientales.

Por otro lado, el proceso de absorción de nutrimentos durante las diferentes etapas de crecimiento es una función de las propiedades del suelo, de la cantidad de fertilizante aplicado, de la variedad de arroz y del sistema de cultivo empleado. Se ha observado también que la capacidad de absorción de nutrimentos por las raíces de las plantas de arroz se adapta fácilmente a condiciones de crecimiento poco favorables, tal como lo demuestran experimentos efectuados a la sombra y a baja temperatura. En el cultivo del arroz la absorción de P es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral; posteriormente es un poco más rápida hasta poco después de la floración. El K es absorbido, dependiendo del crecimiento de la planta, hasta el final de la etapa lechosa del grano, momento en que alcanza el contenido en la planta. El N es absorbido rápidamente durante las primeras etapas de desarrollo hasta el final del período vegetativo, decae ligeramente durante el estado de

máximo macollamiento y diferenciación y vuelve a ser absorbido con rapidez hasta la etapa de grano pastoso (Frye *et al.*, 1991).

3.1.1 Ecología del arroz.

Canicio *et al.*, (2008) evidencian lo siguiente: La agricultura ecológica contempla el suelo como un complejísimo laboratorio natural, física y bioquímicamente estructurado y fértil “per se”. Así, se considera el medio terrestre como un elemento que goza de vida propia y que el agricultor ha de proteger, aportando con discreción los elementos que compensen las extracciones efectuadas para que se mantengan las dinámicas y los equilibrios naturales.

En la agricultura ecológica el abonado no pretende una aplicación tan directamente dirigida a las plantas como en la agricultura convencional sino un aporte al suelo y a sus procesos, de los cuales (no inmediatamente sino a medio-largo plazo) saldrá beneficiado el cultivo. Si la dinámica de los nutrientes en los suelos agronómicos es compleja por la diversidad de nutrientes, de suelos, de climas y de cultivos, la que se produce en los suelos inundados es todavía menos conocida.

Esto es así porque desde la perspectiva agrícola, los cultivos en estas condiciones son una minoría económicamente poco importante en el mundo occidental y por tanto sus procesos han sido menos estudiados.

El arroz es un cultivo relativamente poco exigente en cuanto a necesidades nutritivas. El elemento que extrae del suelo en mayor cantidad es el potasio (K_2O), pero con la ventaja de que en su mayor parte va a parar a las partes vegetativas de la planta, con lo que después de la cosecha puede ser reincorporado al suelo mediante labores de enterrado de los restos del cultivo. Casi al mismo nivel de

extracción se encuentra el nitrógeno (N), siendo asimilados por el grano del arroz, sin posibilidad por tanto de restitución al suelo (Canicio, *et al.*, 2008,).

El arroz es un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2.500 m. de altitud. Este producto necesita para germinar una temperatura mínima que va entre los 10°C - 13°C, y a nivel óptimo 30°C - 35°C. Por encima del 40°C no se produce germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene una temperatura mínima de 7°C, y óptima en los 23°C. Con temperaturas por encima de estas, el crecimiento es mucho mayor, pero los tejidos quedan blandos, siendo más fácil la entrada de enfermedades y por ende la muerte de la planta. La panícula comienza a formarse unos treinta días antes del espigado, a los 15 días antes de la formación de la panícula o el espigado, esta se desarrolla muy rápidamente y esta es la etapa más susceptible a las condiciones favorables adversas (Infoagro, 2016).

El cultivo tiene lugar en una alta gama de suelos variando la textura de arenosa a arcillosa, se puede cultivar en suelos con texturas finas hasta media, propia de suelos sedimentados así mismo la textura juega un papel fundamental en el riego y la fertilización.

El arroz se adapta a diversas condiciones de suelo; sin embargo, las condiciones ideales para obtener una buena cosecha son: pH 6.0 – 7.0, buen contenido de materia orgánica (mayor a 5%), alta capacidad de intercambio catiónico, altos contenido de arcilla mayor a 40%), topografía plana, capa arable profunda (mayor a 25 cm) y buen drenaje superficial (Amador y Bernal, 2012).

3.1.2 Extracción y absorción de nutrientes.

Este estudio se puede hacer una vez por ciclo, preferiblemente al final del mismo cuando la absorción ha llegado a su nivel máximo o también donde se pueda

contemplar varias etapas asociadas a cambios fenológicos importantes durante el ciclo de vida del cultivo, con lo que se puede elaborar curvas de absorción. Otra manera de realizar este estudio es contemplar la planta entera como un todo o subdividiendo por tejidos. En cualquiera de los casos, es indispensable contar con el rendimiento comercial obtenido para ese cultivo que pueda ser asociado a ese consumo (Bertsch, 2003).

3.2 De Las Variedades De Arroz

3.2.1. Variedad Fedearroz 2000. Fedearroz 2000 es una variedad de ciclo corto, precoz, es resistente al virus de la hoja blanca, es susceptible a *Piricularia* de la hoja y cuello, *Burkholderia glumae* y *Rhizoctonia solani*. Inicia, su etapa de macollamiento a los 15 ddg (días después de la germinación), su primordio reproductivo a los 41 – 42 ddg, la floración ocurre a los 75 - 78 ddg, y termina su ciclo a los 105 - 108 ddg. (Velázquez, *et al.*, 2014).

3.2.2. Manejo agronómico para el cultivo de la variedad Fedearroz 2000.

Siembra. Para preparación en seco y semilla tapada se recomiendan 120 – 180 kg ha⁻¹ de semilla. Con sembradora de precisión entre 100 a 150 kg ha⁻¹. Óptima producción de 200 a 250 plantas/m² y 500 a 600 panículas/m²; para la germinación se recomienda un moje rápido y no exponer a lámina de agua permanente en estados iniciales.

Su crecimiento inicial es rápido y el vigor inicial mejora cuando se pre abona. Presenta alto macollamiento, la variedad es tolerante al volcamiento, sin embargo, se debe evitar el exceso de fertilización nitrogenada y lámina de agua demasiado alta.

3.2.3 Requerimientos nutricionales del arroz. Frye *et al.*, (1991) en su trabajo sobre suelos y fertilización en el cultivo de arroz en Colombia relatan a continuación la importancia de los nutrientes en el metabolismo de la planta:

Nitrógeno (N): El N es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de su molécula, tiene un papel en el proceso de la fotosíntesis. La falta de N y de clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrimentos. El N es también constituyente básico de las proteínas y un componente de las vitaminas y de los sistemas de energía de la planta.

Fósforo (P): El P actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular, y alargamiento celular; promueve la formación temprana y el crecimiento de las raíces; es vital para la formación de las semillas. La concentración de P es más alta en la semilla que en ninguna otra parte de la planta madura. El P ayuda a que las plántulas y las raíces se desarrollen más rápidamente; permite a las plantas soportar inviernos rigurosos; aumenta la eficiencia del uso de agua; acelera la madurez, lo cual es importante para la cosecha y para la calidad del cultivo.

Potasio (K): Es esencial para el crecimiento de las plantas, pero sus funciones exactas en ellas no son totalmente conocidas. A diferencia del N y del P, el K no forma compuestos orgánicos en la planta; su función primaria está ligada al metabolismo de la misma. El K es vital para la fotosíntesis, la cual disminuye cuando hay deficiencia de este nutrimento, a medida que el K se hace deficiente, la respiración de la planta aumenta. Estas dos condiciones fotosíntesis reducida y aumento de la respiración reducen los carbohidratos de la planta. El K es esencial en la síntesis de proteínas y ayuda a la planta a hacer un uso más eficiente del agua, promoviendo la turgencia (rigidez producida por un suministro adecuado de agua en las células de las hojas) para mantener la presión interna de la planta. También es importante en la formación del fruto, en la translocación de metales pesados tales como el Fe y en el balance iónico. El K activa numerosos sistemas

enzimáticos y controla su velocidad de reacción; además mejora la calidad del grano.

Calcio (Ca): El Ca estimula el desarrollo de las raíces y las hojas y forma compuestos que son parte de las paredes celulares. Esto fortalece la estructura de la planta; ayuda a reducir los nitratos en los tejidos vegetales; activa numerosos sistemas enzimáticos; neutraliza los ácidos orgánicos en las plantas e influye en los rendimientos en forma indirecta, al reducir la acidez de los suelos, mejorando condiciones de crecimiento y estimulando la actividad microbiana, la disponibilidad de Mo y la absorción de otros nutrimentos.

Magnesio (Mg): El Mg es un mineral constituyente de la clorofila de las plantas, de modo que está involucrado activamente en la fotosíntesis. La mayor parte del Mg de las plantas se encuentra en la clorofila; las semillas también tienen niveles relativamente altos de este elemento. El Mg ayuda en el metabolismo de los fosfatos, en la respiración de la planta y en la activación de numerosos sistemas enzimáticos.

Azufre (S): El S es esencial en la formación de proteínas ya que hace parte de algunos aminoácidos, los cuales son los bloques de construcción de las proteínas. El S desarrolla enzimas y vitaminas y es necesario en la formación de clorofila, aunque no es un constituyente de ésta. Como regla general el S se encuentra bien distribuido en todos los tejidos de las plantas.

Micronutrientes

Boro (B): El B es esencial en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tubo polínico; también es esencial en la formación de las paredes celulares; forma complejos de azúcar-B asociados con la translocación del azúcar; es importante en la formación de proteínas. La deficiencia de B por lo general

atrofia la planta, comenzando con el punto de crecimiento y las hojas nuevas, lo cual indica que el B no es translocado en ella.

Cobre (Cu): El Cu es necesario para formar la clorofila en las plantas y para promover procesos en ellas, aunque no haga parte de esos procesos o de los productos formados por sus reacciones.

Hierro (Fe): El Fe es un catalizador que ayuda a la formación de la clorofila y actúa como portador de Oxígeno; ayuda a formar ciertos sistemas enzimáticos respiratorios.

Manganeso (Mn): El Mn funciona primordialmente como parte del sistema enzimático de la planta. El Mn activa numerosas e importantes reacciones metabólicas; desarrolla un papel directo en la fotosíntesis ayudando en la síntesis de clorofila; acelera la germinación y la madurez.

Zinc (Zn): El Zn ayuda a las sustancias de crecimiento y a los sistemas enzimáticos de las plantas. Este elemento es esencial para promover ciertas reacciones metabólicas; es necesario para producir clorofila y para formar hidratos de carbono; no es translocado en la planta, de ahí que sus síntomas de deficiencia aparezcan primero en las hojas más jóvenes y en otras partes de la planta en crecimiento activo.

3.3 Curvas de absorción de nutrientes

La curva de absorción de nutrientes es una herramienta utilizada a nivel mundial que ha permitido obtener las cantidades de nutrientes absorbidos por los distintos tejidos de las plantas, logrando resultados más reales posibles a las cantidades requeridas por las mismas, para suplir sus necesidades y llegar a un óptimo

desarrollo (FNA, 2011). Por tal razón, se ha planteado la implementación de dicha herramienta en el cultivo de arroz en Colombia teniéndose como una posible solución a la problemática presente en cuanto al poco conocimiento acerca del consumo real de nutrientes por la especie.

Las curvas de absorción constituyen en forma cualitativa a la recomendación de programas de fertilización y permiten conocer la cantidad de nutrimento kg ha^{-1} que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado en un tiempo definido. La cantidad consumida, absorbida o requerida por una planta se obtiene del asocio del peso seco de los tejidos, con las concentraciones de nutrimentos totales presentes en los mismos (Bertsch, 2003).

4. Estado del Arte

Para la elaboración de esta investigación se presentan los aportes de algunos estudios que contribuyeron al desarrollo de la misma, con énfasis en las curvas de absorción de nutrientes a nivel nacional y en otros países de América latina, donde la aplicación de fertilizantes involucra diferentes aspectos que se relacionan tanto con la especie o el genotipo a tratar, como con las condiciones climáticas, edáficas y el manejo que se da a las plantaciones.

En Colombia se han realizado curvas de absorción en arroz, por ejemplo: Producción de materia seca de la variedad Fedearroz Lagunas Clearfield en la localidad de Gamarra - Cesar, primer semestre del año 2010, Absorción de nutrientes de la variedad Fedearroz 733 en la zona del Ariari-Meta y Extracción de nutrientes de la variedad Fedearroz 2000 bajo el ambiente de la Gloria-Cesar (Fedearroz, 2013).

Estudios sobre el estrés nutricional de las plantas reporta que la disponibilidad de nutrientes (carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, etc.) es una parte fundamental del ambiente de las plantas y que es determinada por el agua el modo decisivo de muchos aspectos de la estructura, composición y funcionamiento de la vegetación. La absorción de los nutrientes está ligada por el agua que se convierte en el principal transporte de nutriente del suelo hacia la planta. Es precisamente el N el nutriente que se necesita en mayor cantidad y también es el más frecuente limitante junto al fósforo. Los nutrientes deben estar disueltos en el agua del suelo, y desde allí pueden ser absorbidos directamente por la planta, pero ésta es una fracción mínima del total. Una fracción algo mayor está absorbida en los coloides (arcillas y sustancias húmicas). Pero la mayor parte de los nutrientes se halla formando parte de las sustancias orgánicas o de minerales no solubles. Las raíces excretan hidrogeniones, aumentando su capacidad reductora, y compuestos orgánicos ligeros que forman quelatos solubles con los nutrientes, con lo éstos pueden ser absorbidos por las raíces (Cires, 2009).

A manera de ilustración con los requerimientos nutricionales de los genotipos de arroz Fedearroz 733, Fedearroz 170 y Fedearroz 60 en el sur del cesar, se llegó a la conclusión que para el genotipo LV 730-33 se requiere 100-120 kg ha⁻¹ N, 23-35 kg ha⁻¹ de P, 90-120 kg ha⁻¹ d K, 1 kg ha⁻¹ de B, 3-4 kg ha⁻¹ de Zn y 2 kg ha⁻¹ de Cu. Para el genotipo LV 730-170 se recomienda: 100-120 kg ha⁻¹ de N, 23-46 kg ha⁻¹ de P, 90-120 kg ha⁻¹ K, 4-5 kg ha⁻¹ Zn, 1 kg ha⁻¹ de B y 2 kg ha⁻¹ Cu. Para el genotipo FL 03188 se recomienda: 110 - 120 kg ha⁻¹ de N, 23-35 kg ha⁻¹ de P, 90-120 kg ha⁻¹ de K, 3-4 kg ha⁻¹ Zn, 1 kg ha⁻¹ de B y 2 kg ha⁻¹ Cu (FNA, 2015).

Por su parte, Amador y Bernal (2012) en su investigación sobre Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Venezuela 21, en un suelo Vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua, reportaron que la

cantidad de nutrientes absorbidos en el cultivo de arroz por tonelada de grano en la finca hierba buena, en el valle de sebaco, Nicaragua fue: nitrógeno 43 kg ha⁻¹, fosforo 10 kg ha⁻¹, y potasio 78 kg ha⁻¹. En las diferentes etapas fenológicas el elemento con mayor absorción fue el potasio.

Medina (2013) en las diferentes etapas de desarrollo de la variedad FEDEARROZ 2000, la relación de absorción de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) encontrada fue de N 1: P 0,21: K 0,27 lo cual indica que esta variedad de arroz tiene una mayor absorción del nutriente Nitrógeno en un 23% en comparación con la absorción de Potasio.

La nutrición es uno de los aspectos que revisten gran importancia en el manejo del cultivo del arroz. Las diferentes variedades que han sido liberadas al mercado presentan particularidades en cuanto a sus requerimientos nutricionales, de manera que parte del desarrollo técnico de las variedades consiste en determinar el adecuado manejo nutricional para cada genotipo, que permite obtener la mejor expresión del material (Garcés, 2014).

El aporte de la investigación realizada por Rodríguez (1999) sobre fertilización en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), se enmarca en la importancia de la aplicación del fertilizante, cuyo fin es suministrar una cantidad razonable de nutrientes cuando la planta lo demande durante sus diferentes etapas de desarrollo por tal motivo, los productores de arroz manejan la fertilización principalmente con Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre y Zinc, en donde las fuentes y épocas dependen de los tipos de suelo, así como de las condiciones del clima. Así para el análisis de la fertilización es importante comprender la determinación del rendimiento en grano a través de los procesos de acumulación de materia seca; luego, las funciones de absorción y distribución, síntomas de deficiencia y requerimiento nutricionales.

Asimismo, Molina y Rodríguez (2012) en su investigación fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. CFX 18 en Guanacaste, señalan que la absorción de nutrimentos en el tiempo estuvo directamente relacionada con la producción de biomasa. La etapa de mayor absorción de N se ubicó entre los 28 y 79 días después de la germinación, período en el que se absorbió el 52% del N total. La máxima absorción de N coincidió con la fase de llenado en la etapa de grano lechoso. La absorción de N disminuyó después de los 79 días, debido a la maduración y finalización del llenado de grano y la pérdida de biomasa área.

Además, la variedad CFX 18 presentó una absorción de N muy temprana debido a su ciclo corto. El 48% del N fue absorbido en los primeros 28 días después de germinación y coincide con la etapa de macollamiento activo. Un posible esquema de aplicación de N en CFX 18 sería: 15, 30, 45 y 55 días después de la germinación. La absorción de Fósforo (P) fue ascendente hasta los 66 días en el que alcanza su valor máximo total de 12 kg ha⁻¹. Entre los 28 y 66 días la planta absorbió más del 80% de sus requerimientos de P, demostró que la mayor parte de la absorción de P es tardía, y que se concentra durante la etapa reproductiva.

Para el caso del potasio (K), la absorción de este nutriente fue ascendente durante casi todo el ciclo del cultivo hasta la maduración del grano, hasta alcanzar un valor máximo de 197 kg ha⁻¹. Al inicio del crecimiento y hasta la etapa de macollamiento activo (28 ddg), la planta absorbió el 15% del K total requerido. Desde ese momento y hasta la floración (66 ddg), la planta absorbió el 40% del K total.

Debido a que las máximas absorciones de potasio por parte de la planta se presentan en la fase de maduración se debe ajustar los programas de fertilización en las épocas requeridas y que correspondió al 45% del K total absorbido. Para el caso del Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) el patrón de absorción de Ca fue muy similar al de N y P, y la mayor parte de la absorción de Ca ocurrió entre los 28

y 79 días. El valor máximo de absorción fue de 17 kg ha⁻¹. La extracción máxima de Mg fue de 11 kg ha⁻¹, valor similar a la absorción de P. Ambos nutrimentos mantuvieron una curva de absorción ascendente hasta llegar a la fase de maduración. El S también tuvo un comportamiento de absorción similar al N, con un valor máximo absorbido de 9 kg ha⁻¹ a los 79 días (Molina *et al.*, 2012).

En cuanto a los micronutrientes el Hierro (Fe) y el Manganeseo (Mn) fueron absorbidos en mayor cantidad que los otros, con valores 5.7 y 6.9 kg ha⁻¹, respectivamente, en su pico máximo de absorción a los 93 días, la mayor parte de esta absorción se presentó en la raíz debido a que la planta acumula ambos nutrimentos en este órgano. El mayor incremento en la absorción se presentó durante la etapa de llenado del grano. La absorción de Cu, Zn y B se incrementó a partir de los 28 días y alcanzó los valores más altos durante la maduración. La mayor parte se absorbió durante la fase reproductiva y de maduración para el cultivo de arroz (Molina *et al.*, 2012).

Bertsch, (2003) expone en los estudios de Absorción de nutrimentos para los cultivos de Arroz, Café, Melón, Sandía y Papa como apoyo a las recomendaciones de fertilizaciones concluyó que sea cual sea el cultivo o tipo de manejo, la posibilidad de contar con información sobre el consumo real de nutrientes y la dinámica de absorción permite tener a mano una herramienta sólida para afinar técnicamente las recomendaciones de fertilización. Esto logra elevar la eficiencia de usos de los nutrientes y mejora la rentabilidad de la fertilización de cultivos.

Por otro lado, se han realizado estudios de absorción de nutrientes en diferentes cultivo por ejemplo Fallas *et al.*, (2014) reporta que en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha, reportaron que el nutriente con mayor demanda para los cultivos era el Potasio (K) seguido por el Nitrógeno (N). Lo cual confirma lo reportado por Pietsch y Haag (1980) los cuales encontraron que en Brasil el potasio y el nitrógeno son los nutrientes de mayor absorción en el cultivo

de papaya. Esta alta demanda de K encontrada para el híbrido Pococí, podría ser de importancia para brindar un mejor manejo de este nutriente en las plantaciones comerciales.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Evaluar la dinámica de la absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza. Sativa*) variedad Fedearroz 2000 en la finca Monte Bello en Pivijay, Magdalena.

5.1.2 Objetivo específicos.

- ❖ Realizar curvas de absorción de macro y micronutrientes en cada etapa fenológica de la variedad fedearroz 2000.
- ❖ Determinar la cantidad de nutrientes absorbidos por las plantas de arroz variedad fedearroz 2000 durante su ciclo vegetativo.
- ❖ Proponer un programa de fertilización basado en la absorción real de nutrientes en el cultivo de arroz.

6. Metodología

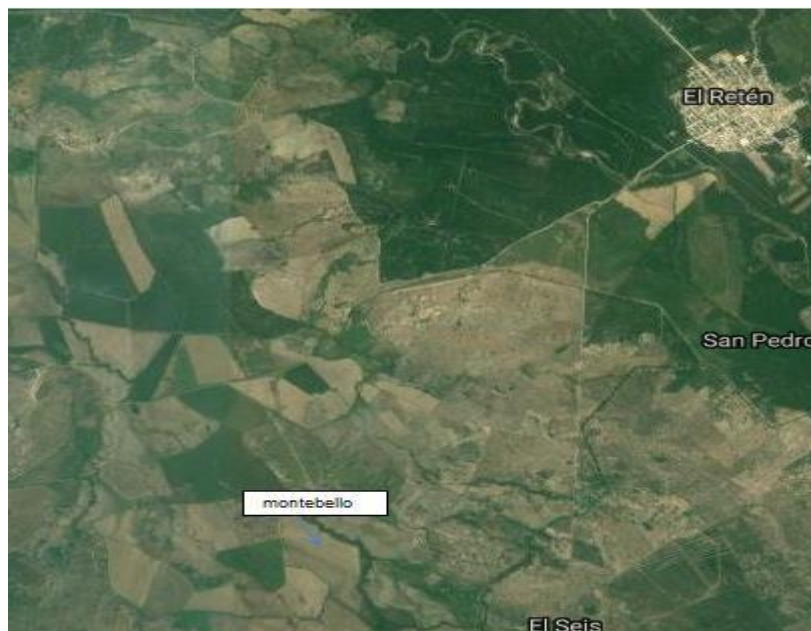
6.1 Duración

La investigación tuvo una duración de 12 meses comprendida en tres fases, la primera fase fue la elaboración de anteproyecto que tuvo una duración de 5 meses, la segunda fases fue la de campo (recolección de muestras) y laboratorio (procesamiento de muestras) con una duración de 4 meses, la tercera fase fue la elaboración de informe final con una duración de 3 meses. En los 12 meses que duró esta investigación se interpretaron análisis del suelo (físico-químico) y primeras siembras de cultivos de arroz. Seguidamente se hizo el procesamiento de los datos o muestras obtenidas en el campo para luego ser interpretados cualitativamente y cuantitativamente para generar gráficos correspondientes que permitieron analizar de una mejor manera el comportamiento y precisión de las curvas de absorción de nutrientes con la variedad Fedearroz 2000 junto a los parámetros de peso de la planta y el tiempo en cada una de las etapas fenológicas de la misma y la elaboración de documento final.

6.2 Espacio Geográfico

6.2.1 Localización del área de estudio. El lote de la finca Monte Bello está ubicado al nororiente del municipio de Pivijay, departamento del Magdalena, (10° 35' 54" Lat. N; 74° 18' 16" Long W) aproximadamente a 5 kilómetros de la cabecera municipal del Retén Magdalena, a 110 m.snm, temperatura promedio de 32 °C con precipitación anual entre 850 - 1000 mm, con textura de suelo arcillosa (figura 1).

Figura 1. Ubicacion finca Montebello Pivijay Magdalena



Fuente. Adaptado de Map data ©2017 Google Imagery ©2017, CNES / Astrium, DigitaGlobe; Landsat/Copernicus, U.S. Geological Survey

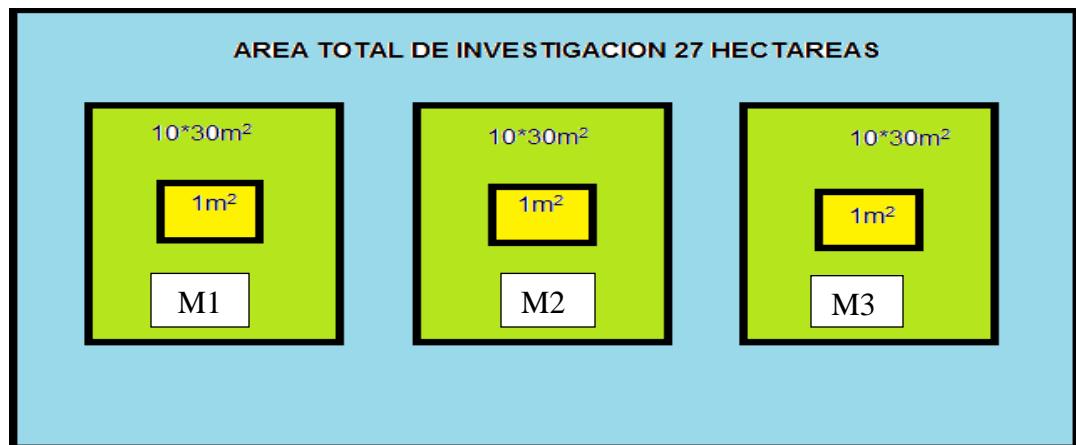
6.3 Diseño Metodológico

Para esta investigación se utilizó un área total de 27 hectáreas se tomó tres unidades experimentales M1, M2, M3, cada unidad experimental es de $10 \times 30 \text{ m}^2 = 300 \text{ m}^2$ ubicadas en zonas dentro del lote para un total de 900 m^2 .

El muestreo se realizó en cada una de las 5 etapas fenológicas; inicio de macollamiento (IM) pleno macollamiento (PM) inicio de primordio floral (IPF) inicio de floración (IF) maduración (M), en cada etapa se obtuvo las muestras de cada unidad experimental teniendo como resultado 3 muestras por etapa fenológica y 15 muestras en todo el proceso investigativo. Se utilizó la variedad Fedearroz 2000 en una densidad de siembra 150 kg ha^{-1} . Las semillas se sembraron al voleo (manual), la siembra se efectuó a mediados del año 2016. Se tuvo en cuenta los resultados del análisis de suelo para la fertilización edáfica (Anexo E), el control de maleza se

realizó bajo criterio agronómico, el riego se realizó por inundación y estuvo acompañado con lluvias.

Con la ayuda de un recuadro de 1 m^2 se muestreo en el área experimental (figura 2) se extrajeron todas las plantas que quedaron dentro del recuadro con el fin de establecer la absorción de nutrientes por cada etapa fenológica, teniendo especial cuidado de seleccionar plantas con crecimiento y vigor optimo en cada una de ellas. $1\text{ m}^2 = 502$ plantas



*** Figura 2. Área de Investigación**

* Área total de investigación = 27 hectáreas

M1= Unidad experimental 1: 300 m^2

M2 = Unidad experimental 2: 300 m^2

M3 = Unidad experimental 3: 300 m^2

Recuadro 1 m^2 = Muestreo de tejido vegetal en cada etapa fenológica.

6.3.1 Pasos para la elaboración de curva de absorción de nutrientes. Se siguió la metodología descriptiva en Sancho (1999) la cual consistió en:

- ❖ Se seleccionó la variedad de Fedearroz 2000.
- ❖ Se escogieron lotes con plantas en excelentes condiciones (ideal) y con rendimientos potenciales altos. Se pueden utilizar lotes diferentes para las distintas edades siempre y cuando las condiciones de suelo, manejo y rendimiento sean semejantes.
- ❖ Se definieron las etapas fenológicas más importantes del ciclo de cultivo (no necesariamente basándose en DDS o días después de la siembra).
- ❖ Se dividió la planta en los tejidos de importancia (vegetativo, frutos, raíz, etc.).
- ❖ Se tomó 3 repeticiones por etapa y tejido a medir: peso fresco, peso seco y concentración de nutrientes en los tejidos.
- ❖ Se calculó el peso seco acumulado kg ha^{-1} para cada etapa fenológica.
- ❖ Se usó tres repeticiones. los cálculos se hicieron por planta, se multiplicó cada repetición por el número de plantas/ha que haya y luego sacar un promedio.
- ❖ Los datos obtenidos se transformaron dicho a kg/ha con base en el área útil.
- ❖ Se elaboraron las gráficas en las cuales se representó el consumo de nutrientes en las diferentes etapas fenológica expresado en kilogramos absorbido por unidad de área (ha).

6.3.2 Muestreo de tejido vegetal.

La toma de muestra se ejecutó en cada una de las 3 unidades experimentales M1, M2, M3, la extracción de las muestras se realizó de forma manual con todas sus estructuras (raíz, tallo, hojas). Estas muestras se lavaron con agua purificada en campo y se empacaron en bolsas plásticas transparentes debidamente rotuladas de cada unidad experimental y etapa fenológica, se llevaron al laboratorio de suelo de la Universidad del Magdalena donde se escogieron 25 plantas de cada unidad experimental para determinar valores de masa fresca (g), altura de planta

(metro), promedio de macolla (conteo) y diámetro de tallo (pie de rey), se determinó biomasa (aérea) y se procedió a secar en el horno a 70°C por 72 horas, luego del secado en el horno se tomaron datos de masa seca en gramera digital, luego se enviaron al laboratorio de suelo E.C.N Ltda., donde se obtuvieron los valores de nutrientes absorbidos en kg ha⁻¹ por las plantas en cada una de sus etapas fenológicas.

Los métodos analíticos utilizados para determinar los nutrientes y cantidad de los mismos por parte del laboratorio fueron:

Métodos Analíticos utilizados por el laboratorio E.C.N Ltda.

METODOS ANALITICOS USADOS	
NITRÓGENO (N)	Micro-Kjeldhal.
FÓSFORO (P)	Carolina del norte
POTASIO (K)	Mineralización-Absorción atómica
CALCIO (Ca)	Mineralización-Absorción atómica
MAGNESIO (Mg)	Mineralización-Absorción atómica
AZUFRE (S)	Turbidimétrico
COBRE (Cu)	Absorción Atómica
HIERRO (Fe)	Absorción Atómica
MANGANESO (Mn)	Absorción Atómica
ZINC (Zn)	Absorción Atómica
BORO (B)	Curcumina

6.3.3 Variables.

6.3.3.1 *Estados fenológicos considerados para muestrear.*

- ❖ Inicio de macollamiento (IM)
- ❖ Pleno Macollamiento (PM)
- ❖ Inicio de primordio floral (IPF)
- ❖ Inicio de floración (IF)
- ❖ Maduración (M)

6.3.3.2 *Campo.*

- ❖ Cuento poblacional en 1 m² se contaron 502 plantas, la población de plantas comprendidas en una hectárea es de 5.022.000 plantas.
- ❖ Cuento de macollas de 25 plantas por muestra.
- ❖ Altura de la planta, se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más alongada, 25 plantas por muestra (m).
- ❖ Diámetro del tallo se midió con Pie de Rey 25 plantas por muestra (m).



Figura 3. Extracción de muestras en recuadro de 1 m² cada unidad experimental.



Figura 4. Recolección de muestras en cada unidad experimental en las diferentes etapas fenológicas.



Figura 5. Recolección de muestras.

6.3.3.3 laboratorios.

- ❖ Peso de masa fresca aérea (tallos y hojas) (g).
- ❖ Peso de Masa seca aérea (tallos y hojas) después de secada la muestra a 70°C por 72 horas (g).
- ❖ Contenido de nutrientes absorbidos por la planta fueron dados por el laboratorio de suelos E.C.N, las unidades fueron expresadas en kg ha^{-1} de nutriente absorbido en cada etapa fenológica.

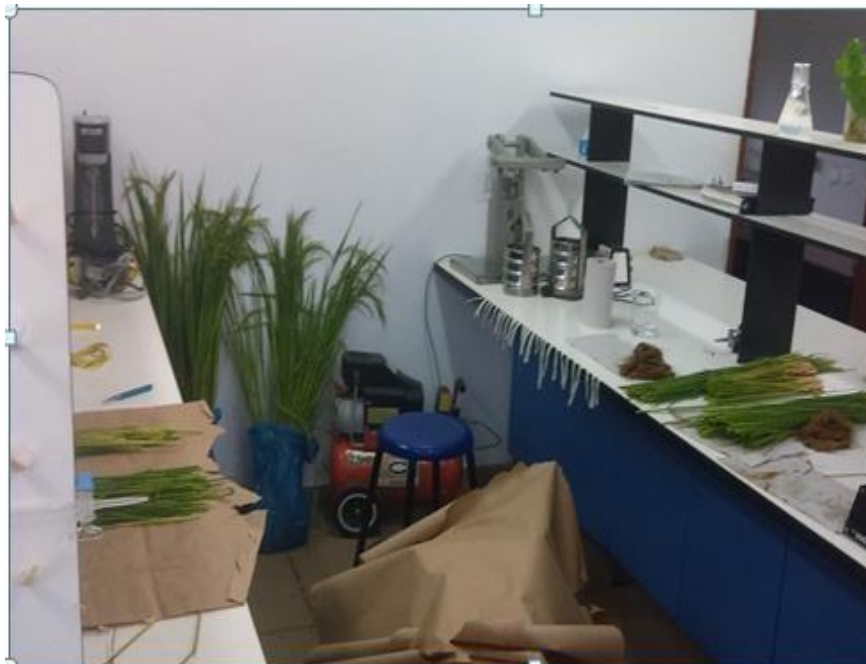


Figura 6. Procesamiento de muestras laboratorio de suelo de la Universidad del Magdalena.



Figura 7. Peso de masa fresca y masa secas gramera digital.



Figura 8. Secado de las muestra en horno a 70°C por 72 horas.

6.3.4 Análisis estadístico.

El presente estudio es de tipo cualitativo y cuantitativo puesto que se describieron las etapas de máximas absorciones y también se determinaron las cantidades de nutrientes absorbidos en las diferentes etapas fenológicas, es decir, comprende datos numérico y estadístico en cada una de las etapas evaluadas.

En cuanto al enfoque de la investigación se considera de tipo descriptivo puesto que no hay manipulación de las variables, sino que se realiza la descripción de los datos, hechos y tendencias que componen su naturaleza, así como la descripción de la relación de una variable con otra cuyos resultados se describen en tablas y gráficas.

7. Resultado y Discusión

7.1 Absorción de macronutrientes primarios en las diferentes etapas fenológicas.

7.1.1 Absorción de Nitrógeno (N)

En la Etapa de inicio de macollamiento (IM) se presenta un incremento de 0.37% en la absorción de nitrógeno. En la etapa de pleno macollamiento (PM) la planta muestra un incremento del 21.80% en la absorción del elemento nitrógeno debido a que la planta en esta etapa se encuentra en plena actividad metabólica, división celular, promoviendo el aumento de macollas, crecimiento y vigor de las mismas demanda absorción del elemento nitrógeno.

En la etapa de (IPF) denominada inicio de primordio floral, la planta tuvo un comportamiento similar en la absorción de nutriente a la etapa de pleno macollamiento (PM), en esta etapa fenológica la planta absorbió un 21.17% de nitrógeno. AMADOR y BERNAL (2014) en su investigación sobre curva de absorción de nutrientes de la variedad Venezuela 21 en arroz concluyen que el nitrógeno (N) no reporta absorción en las etapas de elongación de tallo y grano maduro, conclusiones que contrastan con los resultados de esta investigación, ya que la planta en todas sus etapas fenológicas reporta absorción de este nutriente.

La etapa de inicio de floración (IF) presentó un incremento en la absorción de nitrógeno del 36.03% (tabla 1). Dicho incremento en la absorción obedece a que la planta de arroz en esta etapa registra nuevamente alta actividad metabólica y división celular ya que se prepara para dar origen a sus futuras generaciones a través de la formación de granos lo cual confirma lo reportado por MEDINA (2013) en su investigación sobre extracción de nutrientes de la variedad fedearroz 2000 bajo el ambiente de la Gloria Cesar donde evidencia que la absorción máxima de

nitrógeno se presentan en las etapas fenológicas de inicio de primordio floral y floración.

En la etapa de maduración (M) la planta registro un incremento en la absorción del 20.46% debido a que la planta en esta etapa aun es fotosintéticamente activa como se evidencia en la curva de absorción (grafica 1).

7.1.2 Absorción de Fósforo (P)

En la etapa fenológica inicio de macollamiento (IM) la planta presentó un incremento en la absorción de 0.12% en la absorción de este nutriente.

De la misma forma en la etapa de pleno macollamiento (PM) la planta reporto un incremento del 12.99% de fosforo absorbido. La absorción de fosforo es progresiva a lo largo de sus diferentes etapas como lo muestra la etapa de inicio de primordio floral (IPF) donde la planta tuvo un incremento en la dinámica de absorción de fosforo del 15.72%. En cuanto a la etapa de inicio de floración (IF) la planta tuvo un incremento en la dinámica de absorción del 23.22%. En la última etapa llamada etapa de maduración (M) la planta incrementó la dinámica de absorción con 47.94% (grafica1).

7.1.3 Absorción de Potasio (K)

El cultivo de arroz variedad fedearroz 2000 mostró mayores exigencias en la absorción del nutriente potasio en cada una de sus etapas fenológicas siendo este nutriente el más absorbido en cada una de las etapas fenológicas evaluadas, los resultados de laboratorio dieron como resultado un incremento en la absorción de 0.18% en la primera etapa denominada etapa de inicio de macollamiento (IM), en la etapa de pleno macollamiento (PM) la planta incremento la absorción al 17.44% en la absorción de potasio.

La etapa de inicio de primordio floral (IPF) la planta mostro un incremento en la absorción del 18.92%, la absorción de nutriente potasio es progresiva a lo largo de todas las etapas fenológicas (grafica 1). En consecuencia, la etapa de inicio de floración (IF) la planta mostró un incremento en la absorción del 30.12% de potasio.

En la etapa de maduración (M) la planta sigue absorbiendo el elemento potasio se evidencia un incremento en la absorción del 33.31% de potasio. El potasio (K) es el nutriente que más absorbe la planta en todos sus estados fenológicos, los programas de fertilización para el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000 deben estar basados a partir de este nutriente, esto se debe a que la planta de arroz es muy exigente en la absorción de potasio para su metabolismo y una deficiencia del mismo puede llevar a un desbalance nutricional ya que es uno de los transportadores de nutrientes más importante en el cultivo del arroz, un gran porcentaje de la cantidad del elemento absorbido se queda en la estructura vegetal de la planta (tamo), de lo que se deduce que la planta absorbe más nutriente de lo necesario para su normal desarrollo; (tabla 1).

Tabla 1. Nutrientes absorbidos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.

Macro Nutriente	Cantidad de Nutriente Absorbido kg ha⁻¹.				
	IM	PM	IPF	IF	M
Nitrógeno (N)	0.87	63.23	62.96	104.5	59.33
Fósforo (P)	0.08	8.15	9.86	14.56	30.06
Potasio (K)	0.85	79.57	86.29	137.36	151.93

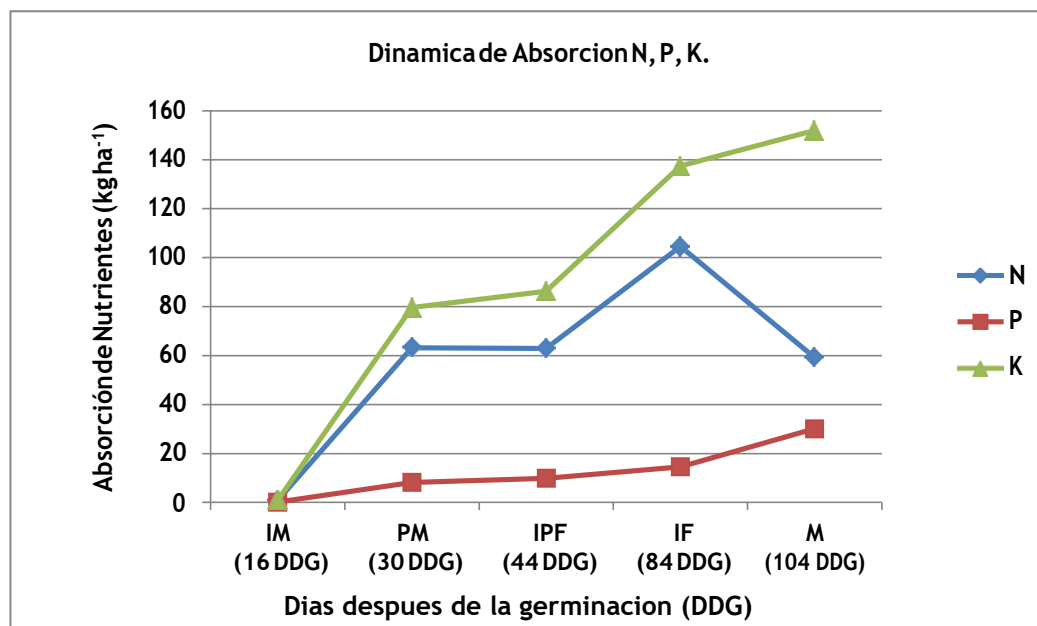
La absorción de nutriente es progresiva a lo largo de las diferentes etapas fenológicas de los nutrientes N, P, K (grafica 1). Medina (2013) señaló que la

absorción de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) encontrada en la variedad Fedearroz 2000 en la zona de la Gloria-Cesar fue N 1: P 0.21: K 0.27 lo cual indica que esta variedad absorbe más Nitrógeno que el Potasio lo cual contrasta con esta investigación donde se encontró que la relación en la absorción fue 0.63, 0.53 y 1.0 para N, P y K , respectivamente lo cual indica que esta variedad absorbe más potasio que nitrógeno.

Cabe resaltar que la planta para su normal desarrollo requiere de nutrientes esenciales, en las etapas de inicio de macollamiento y pleno macollamiento el nitrógeno es fundamental para el crecimiento y división celular, lo cual permite que la planta desarrolle un macollamiento activo y mejore su estructura vegetal, por otra parte la absorción de fosforo en estas etapas se debe a que este nutriente estimula el crecimiento y desarrollo radicular y también actúa en la regulación del crecimiento de la planta. Al igual que los nutrientes mencionados el potasio cumple una tarea fundamental debido a que actúa en el proceso de crecimiento y transporte de otros nutrientes que la planta demande, es decir, cumple la función de vehículo para transportar diferentes nutrientes requeridos por la planta aumentando su eficiencia en la absorción. Luego entre las etapas de PM e IPF se mantiene una absorción de estos nutrientes.

Posteriormente, entre las etapas de IPF y F se observa un incremento en la absorción de estos nutrientes, debido a que nuevamente se requieren en el procesos de reproducción celular y crecimiento de los nuevos tejidos siendo el nitrógeno el elemento encargado de estimularlos, y el fosforo actúa junto con el potasio en el proceso de la fecundación, reproducción celular y es la resistencia de los tejidos debido a que las plantas en este momento se preparan para dar origen a sus futuras generaciones, por lo tanto hay incremento en la absorción de estos nutrientes con referencia a la etapa de inicio de primordio floral. Entre las etapas de floración y maduración, se registra absorción de estos nutrientes debido a que las plantas continúan con muchos de sus procesos fisiológicos, y es en estas etapas

donde el fósforo interviene en la regulación de la maduración que con ayuda de los nutrientes de nitrógeno y potasio mantienen la calidad de la cosecha, garantizando el correcto llenado del grano.



Grafica 1. Dinámica de Absorción de los nutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) en el cultivo de arroz variedad Fedearroz 2000.

7.2 Absorción de los macronutrientes secundarios en las diferentes etapas fenológicas.

7.2.1 Absorción de Calcio (Ca)

Se observó que en la etapa de inicio de macollamiento (IM) la planta de arroz tuvo un incremento en la absorción de nutriente Calcio de 0.20%, la etapa de pleno macollamiento registra incremento en la absorción de este nutriente del 18.82%. En cuanto a la tercera etapa llamada inicio de primordio floral (IPF) la planta tuvo decremento en la dinámica de absorción con referencia a la etapa de pleno

macollamiento en esta etapa se absorbió el 17.04% de calcio (grafica 2).

En la etapa de inicio de floración (IF) los análisis foliares realizados a todas las muestras enviados al laboratorio para la determinación de nutrientes y cantidad de los mismos en cada etapa fenológica mostraron un incremento en la dinámica de absorción del Calcio de 30.42%. En la etapa de maduración, la planta evidencia incremento en la dinámica de absorción de 33.49% (grafica 2).

7.2.2 Absorción de Magnesio (Mg)

La absorción de magnesio por parte de la planta mostró que en la etapa de inicio de macollamiento (IM) la planta presentó incremento en la absorción de 0.11% de Magnesio. En la etapa de pleno macollamiento (PM) la planta reporto incremento del 14,22%.

En la tercera etapa llamada etapa de inicio de primordio floral (IPF) la planta mostró incremento en la dinámica de absorción del 14.61%, En la etapa de inicio de floración (IF) la planta exhibió un incremento en la dinámica de absorción con 29.38%. En la etapa de maduración (M) la planta evidenció incremento en la dinámica de absorción de 41.65% (grafica 2).

7.2.3 Absorción de Azufre (S)

La absorción de azufre por parte de la planta en las diferentes etapas fenológicas se desarrolla a continuación, en la etapa de inicio de macollamiento (IM) la planta presentó incremento en la absorción de 0.17% de azufre absorbido. De igual forma, en la etapa de pleno macollamiento (PM) la planta tuvo incremento del 21.03% en la absorción de azufre. Sin embargo, en la etapa de inicio de primordio

floral (IPF) la planta mostro decremento en la absorción en comparación con la etapa anterior, la dinámica de absorción de azufre en la etapa de (IPF) fue de 17.71% (grafica 2).

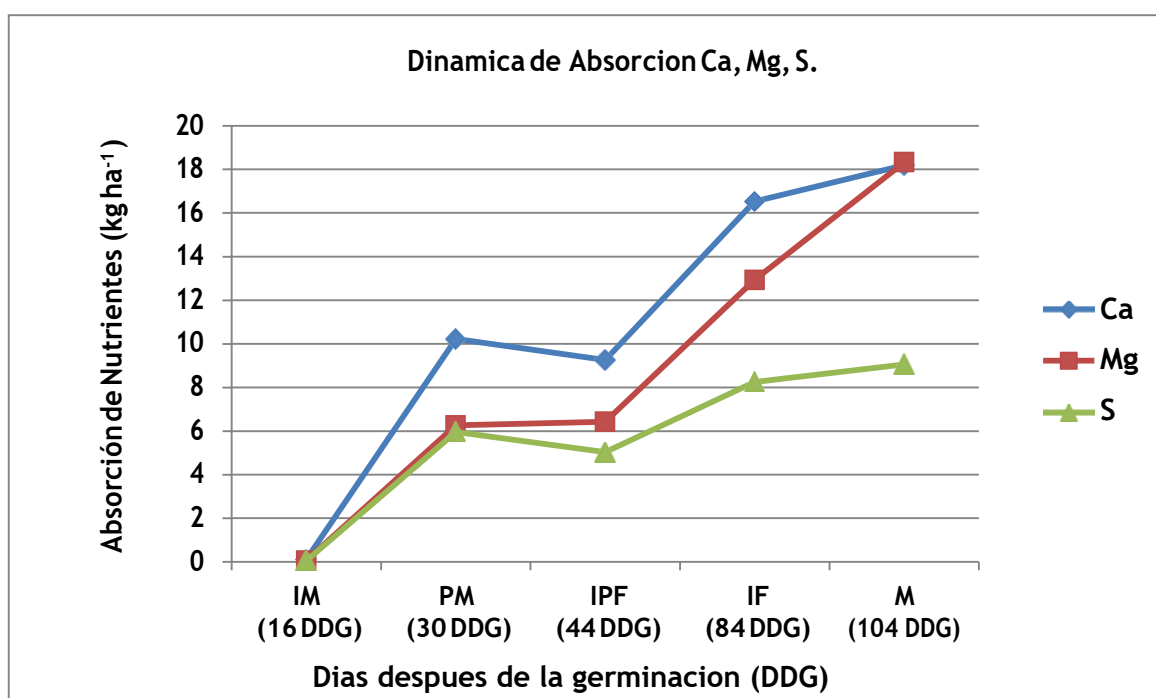
En la etapa de inicio de floración (IF) se observó incremento en la absorción del 29.11% lo cual indica que la planta vuelve absorber este nutriente para sus procesos metabólicos. En la etapa de maduración (M) la planta alcanzo un incremento en la absorción del 31.96%, las etapas de máxima absorción de azufre se reportan en la etapa fenológica de pleno macollamiento e inicio de floración lo cual confirma lo reportado por Medina (2013) en su Investigación sobre extracción de nutrientes de la variedad fedearroz 2000 bajo el ambiente de la gloria cesar donde reportó que la absorción máxima de azufre se presenta en la etapa de floración, el azufre tiene dos picos en la absorción de nutrientes por parte de la planta que son las etapas de pleno macollamiento(PM) e inicio de floración (IF).

Tabla 2. Nutriente absorbidos Mg, Ca, S en las diferentes etapas fenológicas de la planta de arroz variedad fedearroz 2000.

Cantidad de Nutriente Absorbido kg ha⁻¹.					
Macro Nutrientes	IM	PM	IPF	IF	M
Mg	0.05	6.26	6.43	12.93	18.33
Ca	0.11	10.23	9.26	16.53	18.2
S	0.05	5.96	5.02	8.25	9.06

Se observa que en las etapas comprendidas entre inicio de macollamiento y pleno macollamiento empieza la absorción de los nutrientes Ca, Mg, S, esto se debe a que el Ca, está presente en la reproducción celular, y resistencia de los tejidos en los procesos de macollamiento y fortalecimiento de los mismos para el sostén de espigas que se emitirán en las etapas fenológicas futuras en las etapas de IF, M.

De igual forma, se requiere de los nutrientes de magnesio y azufre debido a su importancia en el proceso fotosintético, por esta razón la planta demanda una absorción significativa de estos nutrientes a lo largo de las diferentes etapas fenológicas; luego entre las etapas de inicio de primordio floral y floración se observó incremento en la absorción de estos nutrientes ya que se necesita en las estructuras fotosintéticamente activas como la hoja bandera que garanticen el llenado del grano (grafica 2).



Grafica 2. Dinámica de Absorción de los nutrientes: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) en el cultivo de arroz variedad Fedearroz 2000.

7.3 Absorción de Micronutriente en las diferentes etapas fenológicas.

En las primeras etapas comprendidas entre inicio de macollamiento y pleno macollamiento gran parte de estos micronutrientes no presentaron absorción significativa a excepción de hierro (Fe) y manganeso (Mn) debido a que estos dos elementos intervienen en la fijación del nitrógeno, elemento fundamental en estas etapas (Tabla 3).

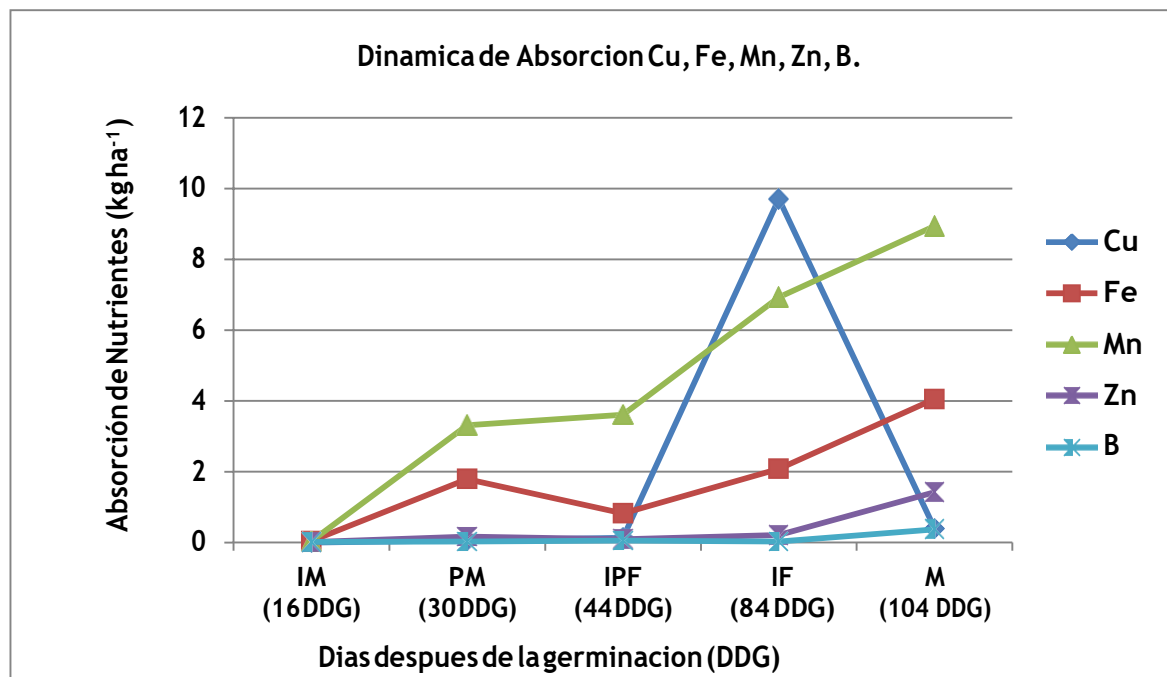
Tabla 3. Micro nutrientes absorbidos Mn, Cu, Zn, Fe, B, en las diferentes etapas fenológicas de la planta de arroz variedad fedearroz 2000.

Cantidad de nutriente absorbido kg ha⁻¹					
Micro Nutriente	IM	PM	IPF	IF	M
Mn	0.03	3.31	3.61	6.93	8.94
Cu	0	0.06	0.13	9.71	0.039
Zn	0.008	0.16	0.09	0.02	1.42
Fe	0.04	1.79	0.082	2.08	4.05
B	0.01	0.02	0.05	0.02	0.37

En las etapas comprendidas entre inicio de primordio floral y maduración, es donde la demanda de estos micronutrientes se hace más significativa (grafica 3).

Elementos como el cobre (Cu) en la etapa de inicio de primordio floral presenta la mayor absorción por parte de las plantas, ya que este elemento es fundamental en el proceso de la fecundación, mientras que los demás nutrientes muestran una absorción mayor entre las etapas de floración y maduración, debido a que elementos como Zn, B, y Mn son fundamentales en el proceso de maduración y calidad de la cosecha. El boro también cumple como vehículo que aumenta la eficiencia en la absorción de los diferentes nutrientes por parte de la planta.

Por lo tanto los llamados micronutrientes son fundamentales en la nutrición vegetal porque ayudan en la absorción y eficiencia de elementos mayores por parte de la planta, como es el caso del Zinc que interviene en el metabolismo del nitrógeno y el azufre.



Gráfica 3. Dinámica de Absorción de Micro elementos: Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B) en el cultivo de arroz.

El sector productivo del cultivo de arroz de la zona de Pivijay Magdalena a partir de esta investigación cuenta con una herramienta fundamental que es conocer las etapas fenológicas en que la planta necesita mayor disponibilidad de un nutriente específico para su buen funcionamiento metabólico, por consiguiente mejores producciones, las curvas de absorción de nutrientes son esenciales para ajustar los programas de fertilización, sin embargo es de gran importancia tener en cuenta la finca o lote donde se realiza el cultivo los análisis de suelo, ya que las dosis aplicadas en el plan de fertilización varían dependiendo del reporte de nutrientes del análisis químico del mismo. Las tablas 4 y 5 relaciona la absorción total de nutrientes a lo largo de las diferentes etapas fenológicas para la finca Montebello con una producción de 7.1 t/ha.

Las reservas de macro y micro nutrientes que quedan en la estructura vegetal, permiten aprovechar remanentes en el siguiente ciclo de producción. Una de las técnicas para aprovechar las reservas de nutrientes que quedan inmersos en el tamo es la incorporación de este material al suelo para que este aporte cantidades

de nutrientes necesario para los procesos metabólicos de las futuras generaciones. Este procedimiento reduce en gran porcentaje la aplicación de nutriente, contribuyendo a la reducción de costos en la aplicación de fertilizantes y ajustando los programas de fertilización.

Tabla 4. Absorción total de macronutrientes en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.

Absorción total de macronutrientes		
Absorción total de Nitrógeno (N) 290.90 kg ha⁻¹		
DDG	% de absorción	kg ha⁻¹
16	0.37%	0.873
30	21.80%	63.233
44	21.17%	62.966
84	36.03%	104.5
104	20.46%	59.33
Absorción total de Fósforo (P) 62.71 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.12%	0.08
30	12.99%	8.153
44	15.72%	9.866
84	23.22%	14.566
104	47.94%	30.066
Absorción total de Potasio (K) 456 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.18%	0.85
30	17.44%	79.57
44	18.92%	86.29
84	30.12%	137.36
104	33.31%	151.93
Absorción total de (Ca) 54.33 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.20%	0.11
30	18.82%	10.23
44	17.04%	9.26
84	30.42%	16.53

104	33.49%	18.2
Absorción total de (Mg) 44.00 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.11%	0.053
30	14.22%	6.26
44	14.61%	6.43
84	29.38%	12.93
104	41.65%	18.33
Absorción total de (S) 28.34 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.17%	0.05
30	21.03%	5.96
44	17.71%	5.02
84	29.11%	8.25
104	31.96%	9.06

En la tabla 5 se registran los valores de micronutrientes absorbidos por las plantas cuya participación en el funcionamiento de la planta es importante a pesar que las cantidades que necesita la planta de estos elementos es menor, pero ayudan a potencializar el trabajo de los macronutrientes, un buen balance nutricional necesita la participación de los micronutrientes, para una producción de 7.1 ton/ha de arroz en la finca Montebello se necesita tener una cantidad de micro nutrientes específicos. Se debe tener en cuenta los análisis de suelo en cada siembra independientemente de la finca donde se realice el cultivo para la dosificación de nutrientes en cada ciclo productivo, las épocas de absorción de nutrientes son en general para todas las áreas productoras de arroz en la zona de Pivijay Magdalena, lo que varía es la dosificación basándose en los análisis de suelo de cada lote.

Tabla 5. Absorción total de micronutrientes en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.

Absorción total de micronutrientes		
Absorción total de (Cu) 10.29 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.00%	0
30	0.58%	0.06
44	1.26%	0.13
84	94.36%	9.71
104	3.79%	0.39
Absorción total de (Fe) 8.78 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.45%	0.04
30	20.38%	1.79
44	9.33%	0.82
84	23.69%	2.08
104	46.12%	4.05
Absorción total de (Mn) 22.82 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.13%	0.03
30	14.50%	3.31
44	15.81%	3.61
84	30.36%	6.93
104	39.17%	8.94
Absorción total de (Zn) 1.87 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	0.26%	0.008
30	8.55%	0.16
44	4.81%	0.09
84	10.69%	0.2
104	75.93%	1.42
Absorción total de (B) 0.50 kg ha⁻¹		
DDG	% de Absorción	kg ha⁻¹
16	3.20%	0.01
30	5.20%	0.02
44	11.20%	0.05
84	4.60%	0.02
104	75.20%	0.37

7.4 Programa de Fertilización

De acuerdo a la absorción en cada etapa fenológica se recomienda fraccionar en tres épocas la aplicación de fertilizante durante todo su ciclo, la época de fertilización debe coincidir con los momentos de máxima absorción de la planta para esto se recomienda revisar las curvas de absorción de nutriente realizadas, de la siguiente forma: (a) a los 16 DDG o etapa de IM aplicar 30% de Nitrógeno equivalente a 87 kg ha^{-1} y 30% de Potasio equivalente a 136 kg ha^{-1} ; (b) a los 30 DDG o etapa de PM aplicar 40% de Nitrógeno equivalente a 116 kg ha^{-1} y 40% de Potasio equivalente a 182 kg ha^{-1} ; (c) a los 55 DDG o entre las etapas de IPF e IF agregar el 30% de Nitrógeno equivalente a 87 kg ha^{-1} y 30% de Potasio equivalente a 136 kg ha^{-1} .

Las aplicaciones deben coincidir con las etapas de máxima absorción para que la planta cuando lo requiera, esté disponible para su absorción, se recomienda fertilizar entre las etapas de máxima absorción y la etapa que la antepone con el fin de suministrarle al cultivo los nutrientes en dosis y tiempo puntuales.

En cuanto a las cantidades de absorción de los nutrientes Fosforo (P) y Azufre (S), se sugiere tener en cuenta los resultados de análisis de suelo, por lo tanto, si los análisis sugieren la aplicación de alguno de estos nutrientes se propone incorporar en pre siembra o 16 DDG que coincidan con la etapa de inicio de macollamiento.

Para los micronutrientes como el Manganeseo (Mn) y Cobre (Cu), los cuales mostraron mayor actividad en la absorción se recomienda su aplicación en la etapa de pleno macollamiento, a los (30 DDG), esta puede coincidir con las aplicaciones normales de agroquímicos dentro de las fases de desarrollo del cultivo. También se recomienda tener en cuenta los resultados de análisis de suelos para observar sus contenidos.

Debido a la importancia de conocer las etapas de máxima absorción de nutrientes por parte del cultivo de arroz variedad fedearroz 2000 en la zona de Pivijay Magdalena, la tabla presenta las épocas de aplicación cualitativa y cuantitativamente de nutrientes (tabla 6). Las etapas de máxima absorción de nutrientes son iguales para toda la zona arroceras de Pivijay Magdalena lo que varía es la dosificación dependiendo de los resultados de los análisis de suelos de cada finca, los ajustes en los programas de fertilización en cada unidad productiva se podrá basar en las épocas de máxima absorción determinadas en este estudio mientras que la dosificación dependerá de los análisis de suelo.

Tabla 6. Programa de Fertilización (%) Variedad Fedearroz 2000 propuesto para el municipio de Pivijay.

FERTILIZACIÓN (%) VARIEDAD FEDEARROZ 2000.						
DDG	N	K	P	Ca,Mg,S	Cu, Mn,	Zn,B,Fe
16	30%	30%	50%	20%	0%	0%
30	40%	30%	50%	40%	100%	0%
55	30%	40%	0%	40%	0%	100%

Tabla 7. Variables evaluadas en laboratorio masa fresca y masa seca en cada una de las etapas fenológicas en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.

Variables evaluadas			
Etapas fenológicas	\bar{x}	Masa fresca	\bar{x} Masa seca
IM		10.8 g	1.7 g
PM		119.2 g	21.6 g
IPF		291.4 g	84.8 g
IF		310.3 g	96.6 g
M		341.7 g	112 g

Los valores de masa seca fueron necesarios para determinar la concentración de nutrientes en cada una de las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz variedad Fedearroz 2000, a medida que los valores de masa seca aumentaban se registraban mayores concentraciones de nutrientes en el cultivo, por lo tanto, la concentración de nutriente es proporcional a la producción de materia seca en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.

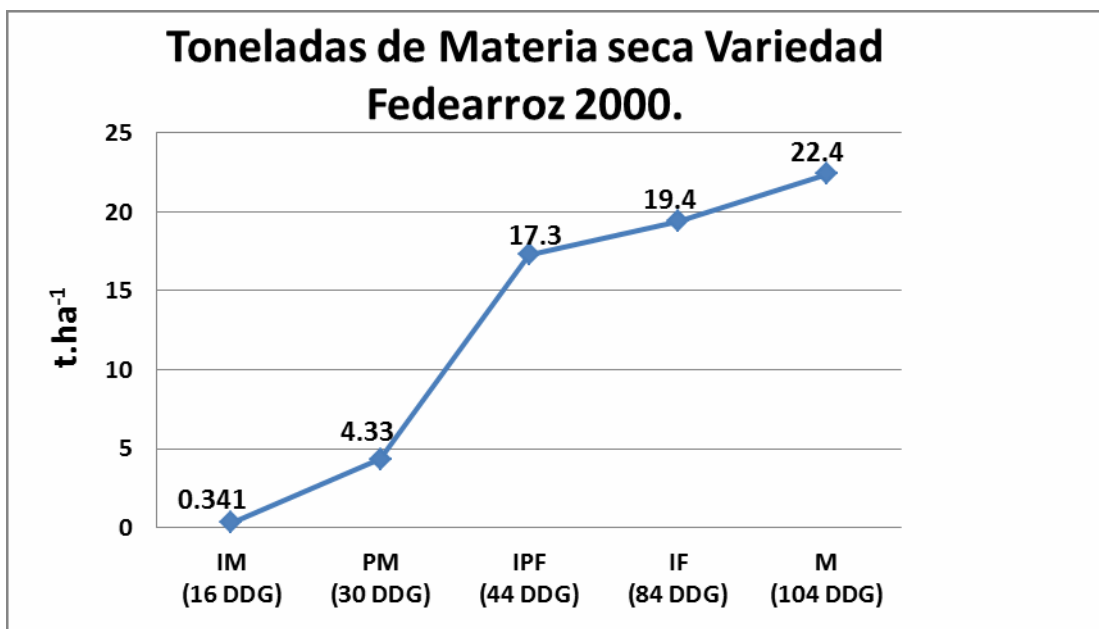
Tabla 8. Incremento en t.ha⁻¹ de materia seca producida por el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000 en cada etapa fenológica.

ETAPAS	$\Delta M.S t.ha^{-1}$
IM	0.341
PM	4.33
IPF	17.3
IF	19.4
M	22.4

En la gráfica 4 se observa la producción de materia seca en cada una de las etapas fenológicas IM, PM, IPF, IF, M de la variedad de arroz fedearroz 2000. Durante la primera etapa fenológica inicio de macollamiento (IM) la producción de materia

seca fue del orden del 1.5%, en la segunda etapa fenológica pleno macollamiento (PM) la producción de materia fue del 17.83%. La tercera etapa fenológica inicio de primordio floral (IPF) presentó los picos más altos en producción de materia seca pasando de 17.83% en la etapa de pleno macollamiento a 59.4% en el inicio de primordio floral, esta gran producción de materia seca se puede presentar debido a que la planta utiliza las reservas nutricionales y energéticas en sus etapas vegetativas para macollar y ganar vigor en su estructura. (Vicente, M. y Fulton, T. 2003)

En el inicio de floración (IF), la planta muestra un aumento en la producción de materia del orden del 9.37%, en esta etapa la planta mostró una producción de materia seca de 2 t.ha⁻¹ teniendo en cuenta que la prioridad es la formación de flores y no de estructura vegetativa. En la etapa de maduración (M), la producción de materia seca fue del 13.4%.



Grafica 4. Toneladas de materia seca producida por el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000 en cada etapa fenológica del cultivo.

En cada una de las etapas fenológicas, se evaluó la altura, diámetro y número de macollas de la planta, las cuales se pueden evidenciar en la tabla 8. Estas variables evaluadas se presentan con el fin de aportar al sector productivo y al público en general las características de la variedad fedearroz 2000 en la zona de Pivijay Magdalena, al conocer las características de los cultivos se puede dar un mejor manejo del mismo y se puede interpretar con claridad su comportamiento en cuanto a la fenología y exigencias nutricionales en el sistema donde se desarrolla.

Tabla 9. Variables evaluadas en campo

Altura y diámetro de la planta			Número de macolla
Etapas	Diámetro (cm)	Altura (cm)	
IM	0.1	15	2
PM	0.4	53	5 - 7
IPF	1	98	7
IF	1.7	123	7
M	1.8	131	7

En las diferentes etapas fenológicas se evaluó el diámetro, altura y número de macolla a lo largo del desarrollo del cultivo, en las etapas de PM e IF la planta muestra mayor desarrollo en las variables de Diámetro y Altura, mientras que el número de macolla aumento en la etapa de IM y PM pasando de 2 a 7 macolla respectivamente, en las etapas de IPF, IF y M la planta mostro el mismo comportamiento de la etapa de PM manteniendo el valor de 7 macollas por planta.

9. Conclusiones

Determinar los requerimientos de macro y micro nutriente e identificar las épocas de máximas absorciones y cantidades de nutrientes extraído de la planta en cada una de sus estados fenológicos de la variedad fedearroz 2000 en la zona de Pivijay Magdalena se convierte en una herramienta para ajustar y mejorar la fertilización, logrando que esta sea más balanceada y se logre mayor eficiencia.

Para la variedad de arroz fedearroz 2000 el nutriente más importante debido a su extracción por parte del cultivo en cada una de sus etapas fenológicas es el Potasio (K).

La relación de la absorción de los nutrientes por parte de la planta siguió el orden: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) fue la siguiente: N 0.63: P 0.053: K 1.

Se logró establecer las épocas y dosis donde se logre maximizar la absorción de nutrientes y con ello incurrir en menores perdida por parte del cultivo.

Con los resultados obtenidos es posible afinar los planes de fertilización en la zona de estudio.

La concentración de nutrientes está directamente relacionada con la producción de biomasa en el cultivo de arroz variedad fedearroz 2000.

10. Recomendaciones

Siempre y cuando los análisis de suelo o foliares muestren deficiencia de micro elemento se recomienda Incluir en el plan de fertilización elementos menores, ya que estos son importantes en el metabolismo de la planta, fertilización edáfica junto con los elementos mayores o aplicaciones de fertilizante foliar entre las etapas de inicio de primordio floral e inicio de floración.

Reincorporar al suelo después de la cosecha el tamo del arroz previamente picado por sus altas reservas de potasio para que este elemento esté disponible en el siguiente ciclo de producción, el potasio es el más absorbido en cantidades por parte de la planta de arroz variedad fedearroz 2000, por lo que es necesario realizar estudios de suelos después de su reincorporación al suelo para saber la cantidad de nutriente disponible para la absorción de la planta y ajustar programas de fertilización.

Tener siempre a la mano los análisis de suelo previos al ciclo productivo anterior y los análisis previos a la nueva siembra y compararlos para saber cuál fue el consumo de nutriente por parte de la planta en ese ciclo productivo, por consiguiente reponer nutrientes esenciales en el metabolismo de la planta al suelo, tener los registros de los análisis de suelo junto con las curvas de absorción se convierte en una herramienta fundamental para afianzar los programas de fertilización basadas en las necesidades reales de nutrientes y en cada etapa fenológicas aumentando la eficiencia en la aplicación, y teniendo mayores producciones.

Realizar otras investigaciones de curvas de absorción para determinar, confirmar o contrastar los resultados de esta investigación lo cual es necesario para consolidar las curvas de absorción de nutriente en el cultivo de arroz de la zona.

11. Bibliografía

ACEVEDO, Marco; CASTRILLO Willian y BELMONTE, Uira. Trabajo especial origen, evolución y diversidad del arroz. Maracay. En: Revista Agronomía Tropical. Junio de 2006. Vol. 25, no. 2.

AMADOR MC CULLOCH, Juan Carlos y BERNAL CHACÓN, Iván Enrique. Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Honduras: Universidad Zamorano. Departamento de ciencia y producción agropecuaria, 2012. 21 p.

AZOFEIFA, Álvaro y MOREIRA, Marco. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*capsicum annum* l. cv. hot) en Alajuela, Costa Rica. En: Revista Agronomía Costarricense. 2008. Vol. 32, no. 1, p. 19-29.

BARÓN VALBUENA, José Levis. El Dane, certifica la encuesta nacional de arroz mecanizado (ENAM). En: Revista Arroz. Bogotá. Enero-febrero del 2016. Vol. 64, no. 521. P. 1-19.

BERTSCH HERNÁNDEZ, Floria. Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, 2003. 307 p.

BOGANTES ARIAS, Antonio; MORA NEWCOMER, Eric; UMAÑA ROJAS, Gerardina y LORIA QUIRÓS, Carlos Luis. Guía para el cultivo de la papaya en Costa Rica. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Universidad de Costa Rica. 2011.

CANICIO, Antoni; CATALÀ, Maria del Mar; ESCOLANO, Miguel Ángel; FERRERES, Abel; GALIMANY, Gemma; MOISÉS, Joan; RAULY, Txema y REVERTÉ, Víctor. El cultivo ecológico del arroz en zonas costeras. Generalitat de Catalunya, Junio del 2008.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). Morfología de la Planta de Arroz. [En línea]. Cali, Colombia. Abril del 2005. [Citado el 20 de Abril

del 2017]. Disponible en: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture-plantes-alimentaires/FICHES_PLANTES/riz/Morfologia_planta_arroz.pdf
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y LA FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS. Encuesta nacional de arroz mecanizado – ENAM I Semestre 2016. Dirección De Metodología Y Producción Estadística DIMPE; agosto 2016.

FALLAS, Róger; BERTSCH, Floria y BARRIENTOS, Mauricio. Curvas de absorción de nutrientes en papaya (carica papaya L.) Cv. "pococí" en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. En: Revista de Agronomía Costarricense. Julio-diciembre del 2014. Vol. 38, no. 2, p. 43-54.

FALLAS, Róger; BERTSCH, Floria; MIRANDA, Enaldo y HENRÍQUEZ, Carlos. Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de frutos de mango, cultivares Tommy Atkins y Keith. En: Revista de Agronomía Costarricense. Junio del 2010. Vol. 34, no. 1, p. 1-15.

FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS. Adopción masiva de tecnología. En: Revista Arroz. Julio-Agosto, 2015. Vol.63, no. 517, p. 1-56.

-----, -----, En: Revista Arroz. Julio-Agosto, 2011. Vol.58, no. 493, p. 1-52.

-----, Reglas claras para una gran cosecha. En: Revista Arroz. Bogotá. Marzo-Abril del 2016. Vol. 64, no. 521. P. 1-56.

FRYE, Alberto; BAQUERO, José E.; CARVAJAL, Jaime y VILLOTA Manuel .J. Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz. Suelos y fertilización en el cultivo del arroz en Colombia. Tolima, Colombia. 1991. CIAT, ICA - Fedearroz - Universidad Del Tolima.

HIDROPACCI. Macro y Micro Nutrientes. [en línea]. 2017. [Citado 25 de Abril de 2017]. Disponible en: <http://hidropacci.com/macro-y-micro-nutrientes.html>.

HIGUERA, Olga Lucía y PÉREZ, Cristo Rafael. Resistencia genética de cultivadores de arroz al añublo bacterial de la panícula. En: Revista Arroz. Seccional Montería y Villavicencio. Vol. 61, no. 504. P. 20-25.

ÓRGANO DE APRENDIZAJE, DIVULGACIÓN Y ENTRETENIMIENTO

[INFOAGRO COLOMBIA]. El cultivo del arroz. [en línea]. 2016. [Citado 25 de Abril de 2017]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz2.htm>.

MEDINA RUBIO, José Héber. Extracción de nutrientes de la variedad Fedearroz 2000 bajo el ambiente de La Gloria – Cesar. En: Revista Arroz. Mayo-Junio del 2013. Vol. 61, no. 504. P. 4-12.

MOLINA, Eloy y HERNÁN RODRÍGUEZ, José. Fertilización con n, p, k y s, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. CFX 18 en Guanacaste. En: Agronomía Costarricense. 2012. Vol. 36, no. 1. P. 39-51.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA Roma, Italia. 2009. 184 p. ISBN 978-92-5-306215-7.

PIETSCH CUNHA, Rubens José y HAAG, Henrique Paulo. Nutrição mineral do mamoeiro (carioa papaya l.). iv - desenvolvimento dos frutos e exportação de nutrientes através da colheita. En: Anais da E.S.A. “Luiz de Queiroz”. 1980. Vol. 37, p. 169-178.

PUNTES MERCADO, Baldomero. Caracterización biológica, física y química de los suelos de los municipios de El Retén y Pivijay (Magdalena). En: Revista Arroz. 2012. Vol. 60, no. 501, p. 36-43.

RODRÍGUEZ, José Heratin. Fertilización del cultivo del arroz (Oryza sativa). En: Revista Fertilización. Conferencia 74. XI Congreso Nacional Agronómico. 1999. p. 123-136.

RUÍZ GALLARDO, Rodrigo. Productividad en las plantas de tomate saladette (Lycopersicon esculentum Mill) Var. Don Raúl Tratadas con tres niveles de quitosán mediante dos métodos de aplicación. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria. Departamento de Horticultura. Febrero de 2012. P.21.

SANCHO V., Hernán. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. En: Informaciones agronómicas. 1999. Vol. 36, p.11-13.

CIRES SEGURA, Alfonso. Estrés nutricional de las plantas. En: Fisiología Vegetal ambiental Curso 2009-10. Septiembre del 2011.

VARGAS, Edgar Mauricio y AGUIRRE, Marisol. El salvado de arroz: Procesos de estabilización y usos potenciales en la industria colombiana. Bogotá: Ministerio de

Agricultura y Desarrollo Rural, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2011.
P. 7.

VELÁZQUEZ, Jennifer; ROSALES, Andrea; RODRÍGUEZ, Hernán y SALAS, Rafael. Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V y R correlacionado con la sumatoria térmica. En: Revista de Agronomía Costarricense. 2014. Vol. 39, no. 2, p. 121-129.

12. Anexos

ANEXO A. Ubicación de los lotes arroceros de El Retén y Pivijay caracterizados 2011 B

MUNICIPIO	VEREDA	FINCA	LOTE	ÁREA (ha)	GEORREFERENCIACIÓN
El Retén	Honduras	La Galleria	Campamento	20	10,06703° N - 74,03865° W
	El Bongo	La Bota	Carretera	14	10,06689° N - 74,03562° W
	El Breque	El Ranchón	Las 35	35	10,06414° N - 74,0297° W
	San Joaquín	México	Pringamosa	24	10,06529° N - 74,03086° W
		La Reforma	Las 17	17	10,06537° N - 74,02995° W
		La Chirina	Las 14	14	10,06937° N - 74,02812° W
	El Retén	Bayano	El Campano	6,5	10,06311° N - 74,02933° W
	La Colombia	El Volga	El Niño	4	10,05868° N - 74,02529° W
	Zacapa	El Retorno	Único	1,5	10,05911° N - 74,02523° W
Pivijay	Avianca	Monterrey	Las 20	20	10,05785° N - 74,03101° W
			Las 26	26	10,05784° N - 74,03101° W
		Montebello	Lote 10	27	10,05556° N - 74,03072° W
		San Diego	Ángeles 4	24	10,06537° N - 74,03289° W
		Los Ángeles	Las 23	23	10,06537° N - 74,03284° W

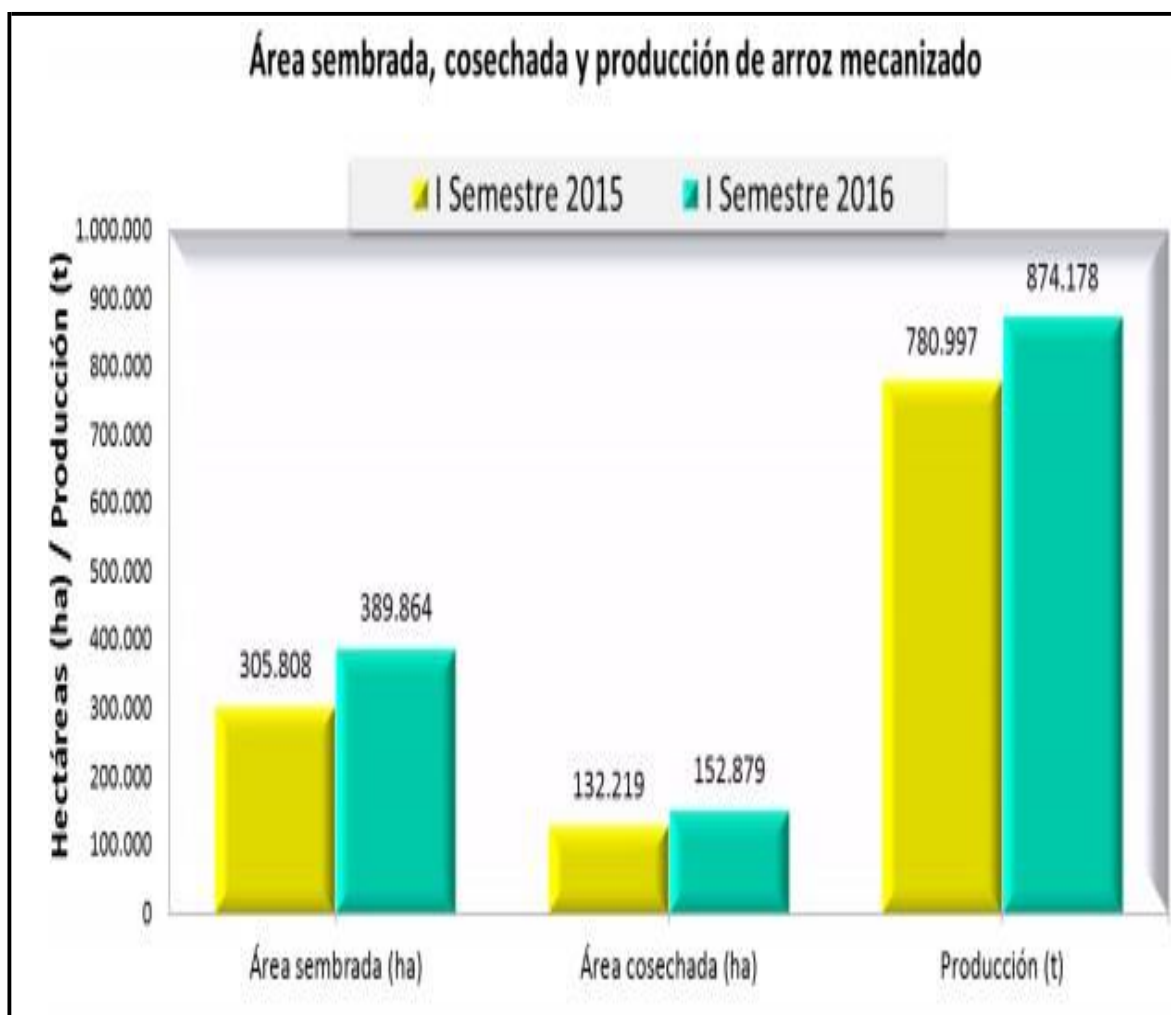
Fuente: Puentes (2012), p.37.

ANEXO B. Resumen de las características químicas de los suelos arroceros de El Retén y Pivijay. 2011 B.

PERFILES		PIVIJAY					EL RETEN				
Variable	Unidades	PRO	RANGO	0 a 5	5 a 10	10 a 15	PRO	RANGO	0 a 5	5 a 10	10 a 15
pH		4,81	4,19 - 5,23	4,8	4,75	4,92	5,31	4,75 - 6,14	5,11	5,32	5,6
K	meq/100g	0,24	0,20 - 0,30	0,24	0,27	0,27	0,27	0,25 - 0,30	0,27	0,27	0,29
Ca		6,32	5,21 - 6,79	6,43	6,41	6,65	6,74	6,00 - 7,61	6,45	6,78	7,11
Mg		1,9	1,75 - 2,08	1,88	1,93	1,97	1,99	1,81 - 2,30	1,94	2,01	2,09
Na		0,05	0,04 - 0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05 - 0,08	0,07	0,07	0,07
Al		0,20	0,07 - 0,29	0,2	0,19	0,17	0,05	0,00 - 0,25	0,06	0,05	0,03
C.I.C.		19,9	18,40 - 24,10	18,94	19,1	18,8	19,56	18,20 - 25,80	19,44	19,63	19,6
Materia orgánica		1,95	1,65 - 2,17	1,94	1,91	1,8	1,87	1,56 - 2,05	1,94	1,89	1,8
P	p.p.m.	24,19	20,00 - 26,90	24,03	24,98	24,08	25,92	24,10 - 28,90	25,95	25,83	25,65
B		0,87	0,67 - 1,10	0,89	0,92	0,89	0,93	0,75 - 1,10	0,95	0,95	0,91
Cu		2,25	2,10 - 2,45	2,19	2,26	2,31	2,18	2,00 - 2,41	2,17	2,19	2,23
Fe		171,68	72,10 - 366,10	183,18	193,55	199,28	102,89	72,10 - 163,10	97,82	103,31	112,68
Zn		0,84	0,71 - 1,07	0,87	0,92	0,88	0,93	0,81 - 1,05	0,94	0,92	0,91
Mn		0,07	0,05 - 0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,04 - 0,09	0,07	0,07	0,07
S		10,58	8,20 - 13,10	9,6	9,8	9,05	10,17	5,20 - 12,40	10,57	10,44	10,01
PSCa		32,12	21,62 - 35,98	33,94	33,56	35,36	34,76	23,26 - 39,57	33,57	34,81	36,55
PSMg		9,62	7,26 - 10,71	9,94	10,09	10,48	10,28	7,25 - 11,96	10,1	10,32	10,71
Ca/Mg		3,33	2,98 - 3,49	3,41	3,33	3,38	3,38	3,21 - 3,66	3,32	3,38	3,42
(Ca+Mg)/K		34,31	28,67 - 42,95	34,39	31,92	33,39	31,9	26,97 - 37,19	31,52	32,56	32,26

Fuente: Puentes (2012), p.40.

ANEXO C. Área sembrada, cosechada y producción de arroz mecanizado



Fuente: Departamento Administrativo Nacional De Estadística Y La Federación Nacional De Arroceros (2016).

ANEXO D. Abonamiento Finca Montebello 2016

ABONAMIENTO FINCA MONTE BELLO 2016.			
FECHA	PRODUCTO	DOSIS Ha	27 Ha
may-07	DAP	1 Bulto	27 Bultos
	KCL	1 Bulto	27 Bultos
	MICROCEN	0,5 Bulto	14 Bultos
may-21	UREA	2 Bultos	54 Bultos
	SAM	1 Bulto	27 Bultos
jun-10	UREA	2 Bultos	54 Bultos
	KCL	1 Bulto	27 Bultos

Fuente: Elaboración propia (MENDEZ y SOTO, 2017).

ANEXO E. Análisis de suelo Finca Montebello

Laboratorio de Suelos E.C.N. Ltda

Dirección: Carrera 14 No 14-33. Santa Marta. Col. Tel No 4217234. Celular 340-6400020. Correo Electrónico elieccanchano.a.11otmail.com
Servicio de Análisis de Suelos (Físico - Químico)- Foliar-es- Aguas para riegos - Materiales orgánicos- Física de suelos para riegos y drenes

REPORTE DE ANALISIS

NOMBRE DE LA FINCA:
PROPIETARIO:
CORREGIMIENTO:
DEPARTAMENTO:

AGROPECUARIA MONTEBELLO
RODRIGO GARCIA G

FECHA: 25 IV- 2015.
MUNICIPIO: PIVIJAY
VEREDA: PIÑUELA
CULTIVO: ARROZ RIEGO

MAGDALENA

TIPO DE ANÁLISIS: COMPLETO DE SUELOS PARA ARROZ

Número del Análisis: 7723-7724-7725-7726-7727-7728-7729-7730 -, (2015) (Para consultar sobre el resultado, favor hacer referencia a este número)

Variabes Estudiadas	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8
Textura del suelo.	F.Ar.A	Ar.L	Ar.L	Ar.L	Ar.L	F.Ar.A	Ar.L	Ar.A
pH o Reacción del suelos.	5.47	5.38	4.90	5.16	5.03	5.10	4.57	4.53
Potasio (K) en me/ 100 gr	0.29	0.30	0.29	0.24	0.31	0.30	0.26	0.29
Calcio (Ca) en me/ 100gr.	5.10	5.01	3.88	5.10	5.00	5.02	3.88	3.95
Magnesio (Mg) en me/100 gr	2.31	2.17	2.01	2.30	2.33	2.31	1.96	1.97
Sodio (Na) en me/100 gr	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.05	0.05
Aluminio (Al) me/100 gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fósforo (P) en p.p.m.	25.90	26.50	29.50	29.10	29.50	28.55	24.90	27.80
Carbón Orgánico (C) en %	2.03	2.20	2.61	2.55	2.67	2.55	1.85	2.15
Materia Orgánica (M.Org) en %	3.49	3.79	4.49	4.39	4.60	4.39	3.18	3.70
N - Total en %	0.1855	0.1920	0.2255	0.2250	0.2255	0.2250	0.1455	0.1850
N. Asimilable en %	0.0032	0.0036	0.0041	0.0040	0.0044	0.0041	0.0030	0.0035
Suma de Bases en me/100 gr	7.78	7.56	6.25	7.72	7.71	7.70	6.15	6.26
C. I. C en me/100 gr	16.60	25.20	24.29	25.10	25.40	16.20	25.90	25.90
P. S. I.	0.48	0.31	0.28	0.31	0.27	0.43	0.19	0.19
C. E en mmhos/cm	0.86	0.85	0.80	0.84	0.81	0.80	0.78	0.77
Boro (13) en p.p.m	0.55	0.54	0.50	0.49	0.65	0.68	0.64	0.66
Cobre (Cu) en p.p.m	1.25	1.59	1.62	1.66	1.62	1.86	1.71	1.87
Hierro (Fe) en p.p.m	55.20	52.20	57.20	60.20	58.20	62.10	58.20	62.50
Zinc (Zn) en p.p.m	1.10	1.20	1.31	1.38	1.41	1.40	1.41	1.40
Manganeso (Mn) en p.p.m	0.33	0.35	0.20	0.22	0.21	0.23	0.21	0.22
Azufre (S) en p.p.m	9.20	9.60	11.20	11.50	11.10	10.25	8.55	9.52
Densidad aparente en gr/cc	1.24	1.25	1.25	1.25	1.25	1.24	1.25	1.25

Métodos Usados:

Textura: M de Bouyoucos.
Reacción o pH: Potenciometría.
Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio: Espectrofotometría.
Aluminio: Maclean.
Fósforo: Bray.
C.E: Conductivímetro.
Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc: Olsen.
Densidad aparente: Pignometría.

Carbón Orgánico: Walkley - Black
Materia Orgánica: Walkley - Black.
N - Total: Kjeldhal
N-Asimilable: Incubación aeróbica
C. I. C: Acetato de Amonio
Boro: Curcúmina.
Azufre: M de Sheen.

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS: M-1 = Lote 05 - 27 Has. M-2 = Lote 13 - 35 Has M-3 = Lote 7 B 16 Has M-4 = Lote 09 - 27 Has. M-5 = Lote 7 A - 12 Has. M-6 = Lote 08 22 Has M-7 = Lote 20 - 35 Has. M-8 = Lote 15 10 Has.

Nota: Ver recomendaciones y sugerencias en la hoja anexa. Son suelos normales.

Eliécer Canchano N. Ing Agr
DIRECTOR

Fuente: Laboratorio de suelos E.C.N Ltda. (2015)

ANEXO F. Superficie sembrada de arroz mecanizado en Colombia por zonas desde 2000 hasta 2016 hectáreas.

Año	Zona Centro	Zona Llanos	Zona Bajo Cauca	Zona Costa Norte	Zona Santanderes
2000	151,915	160,102	63,352	43,987	28,196
2001	145,846	172,274	64,871	41,064	24,944
2002	135,275	162,183	49,646	28,377	29,103
2003	151,316	198,256	64,847	32,006	26,392
2004	149,797	213,426	73,218	32,727	25,362
2005	142,788	154,052	59,929	27,726	24,457
2006	140,686	126,535	61,159	28,457	23,535
2007	146,498	142,552	47,346	24,779	22,516
2008	152,480	168,352	67,152	31,860	22,386
2009	149,380	201,112	69,865	24,606	23,927
2010	138,980	184,112	48,538	22,582	26,509
2011	144,520	205,407	49,707	18,884	26,896
2012	145,273	177,566	50,439	19,762	23,012
2013	139,484	187,873	51,477	27,738	31,863
2014	129,385	146,538	45,138	19,849	31,896
2015	140,681	207,195	55,549	23,500	35,193
2016	151,067	258,292	90,751	30,125	40,567

Fuente: Departamento Administrativo Nacional De Estadística Y La Federación Nacional De Arroceros (2016).

**ANEXO G. Producción de arroz paddy seco en Colombia por zonas desde
2000 hasta 2016, toneladas.**

Año	Zona Centro	Zona Llanos	Zona Bajo Cauca	Zona Costa Norte	Zona Santanderes
2000	934,389	729,966	199,115	208,852	132,626
2001	850,759	801,379	185,126	171,290	115,431
2002	812,829	770,623	169,153	137,346	140,761
2003	919,946	912,300	245,885	171,492	145,248
2004	930,326	920,907	302,723	174,740	135,700
2005	890,931	670,875	240,404	141,130	120,758
2006	872,772	568,626	208,923	136,708	112,776
2007	966,232	674,783	179,991	128,689	122,528
2008	1,025,064	795,205	257,222	157,449	116,318
2009	838,706	888,630	184,739	106,628	107,378
2010	836,825	842,688	182,239	98,484	110,369
2011	820,989	702,367	155,155	79,169	99,474
2012	807,308	734,950	165,763	87,754	97,474
2013	779,810	683,268	158,741	126,307	148,970
2014	743,093	646,135	111,755	71,477	157,689
2015	799,444	867,170	143,964	91,347	165,732
2016	859,736	1,156,460	222,495	111,687	175,801

Fuente: Departamento Administrativo Nacional De Estadística Y La Federación Nacional De Arroceros (2016).